ЧУДЕСНОЕ ВЪ НАУКѢ

(ПОПУЛЯРНАЯ ФИЗИКА)

ЭМИЛЯ ДЕБО.



ИЗДАНІЕ

Высоч. утв. Т-ва И. Н. КУШНЕРЕВЪ и К° въ Москвѣ.



МОСКВА.


Типо-литографія Высочайше утвержд. Т-ва **И. Н. Кушнеревъ и К°**,
Пименовская ул., собств. домъ.
1892.


Н.В.В. 2017 КИЕВ



ЧУДЕСНОЕ ВЪ НАУКѢ.

Дозволено цензурою. Москва, сентября 8 дня 1892 года.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

КНИГА ПЕРВАЯ.

Фонографъ.—Телефонъ.—Телефонографія.—Телефотъ.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Фонографъ.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

Телефонъ.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

Магнитные телефоны.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

Телефоны съ элементами.

ГЛАВА ПЯТАЯ.

Телефонографія.—Свѣтовой телефонъ.—Термофонъ.

ГЛАВА ШЕСТАЯ.

Телефотъ.

КНИГА ВТОРАЯ.

Электрическая энергія.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Энергія.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

Электрическая энергія.

КНИГА ТРЕТЬЯ.

Свѣтовая энергія.—Физическія величины.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Свѣтовая энергія.

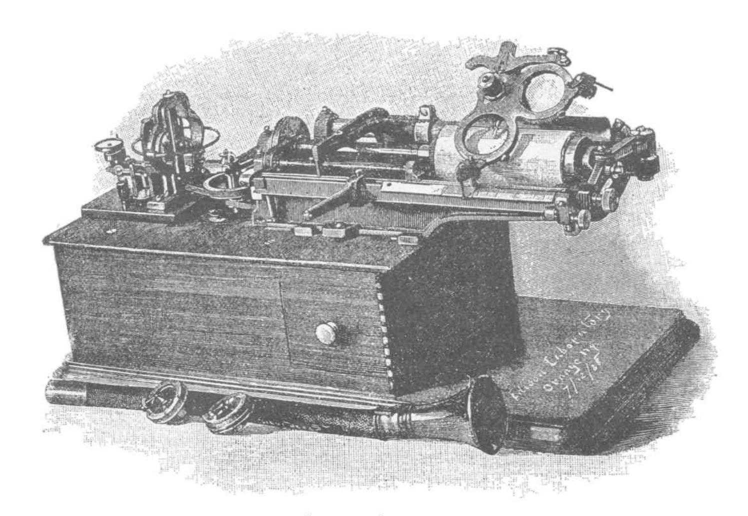
ГЛАВА ВТОРАЯ.

Физическія величины.

КНИГА ЧЕТВЕРТАЯ.

Тепловая энергія.

Физическіе опыты безъ аппаратовъ.



Фиг. 1.— Фонографъ.
По фотографіи, сдѣланной въ лабораторіи Эдиссона (Льюллинъ-Паркъ, Орэнджъ), 7 декабря 1888 г.

КНИГА ПЕРВАЯ.

Фонографъ.— Телефонъ.— Телефонографія.— Телефотъ.

Глава I.

Фонографъ.

Часы на парижскихъ колокольняхъ бьютъ два. Въ только-что открывшемся засѣданіи палаты депутатовъ, въ Бурбонскомъ дворцѣ, происходитъ обсужденіе колоніальнаго бюджета. Говорятъ оба представителя острова Мартиники...

Перенесемся мысленно чрезъ Атлантическій океанъ и высадимся въ главномъ городѣ о. Мартиники—Форъ-де-Франсѣ. Здѣсь башенные часы губернаторскаго дома показываютъ 9 час. 45 мин. *).

Колонисты, собравшіеся въ большой залѣ, молча слушаютъ. Кого? Что? Хотя изъ нихъ самихъ никто ничего не говоритъ, однако же въ этомъ залѣ гулко раздается какой-то таинственный голосъ; онъ говоритъ ясно и отчетливо. Затѣмъ начинаетъ говорить другой, столь же таинственный голосъ, который, въ свою очередь, внезапно прерывается третьимъ. Въ эту минуту взрывъ рукоплесканій оглашаетъ стѣны обширнаго зала; кое-гдѣ слышится шумъ... Но вотъ невидимый звонокъ призываетъ къ молчанію, и все стихаетъ.

*) Такъ какъ различіе въ счетѣ времени, часовъ, въ различныхъ мѣстахъ земного шара обусловливается географической долготой даннаго мѣста, а Форъ-де-Франсъ лежитъ западнѣе Парижа на 63°24′, то въ то время, когда для жителей Парижа уже два часа пополудни, въ главномъ городѣ французской колоніи еще только 9 час. 45 мин. утра.

Мы хорошо знаемъ, что изъ присутствующихъ въ этомъ собраніи никто не говорилъ. А между тѣмъ, страннымъ образомъ, мы слышали здѣсь и аплодисменты, и шумъ, точно вѣрное эхо невѣдомо гдѣ гремѣвшихъ рукоплесканій, невѣдомо гдѣ происходившаго шума. Должно быть, донесшіеся сюда таинственные голоса полны глубокаго смысла и жгучаго интереса для собравшихся здѣсь колонистовъ. Иначе быть не можетъ.

Но въ такомъ случаѣ, откуда же идутъ эти голоса? Что они говорятъ?

Въ глубинѣ залы (*фиг.* 2) на трибунѣ установленъ изящный приборъ, вышиною въ 18 дюймовъ. Повидимому, онъ очень легкій и устроенъ весьма просто. Всѣ присутствующіе смотрятъ на этотъ таинственный предметъ и, можно сказать, *слушаютъ* его.

Возможное ли дѣло? Неужели изъ него выходятъ эти удивительные голоса? Подойдемъ поближе. Да, нѣтъ сомнѣнія: изъ него! Но зная это, мы, однакоже, не знаемъ еще, откуда и отъ кого они пришли.

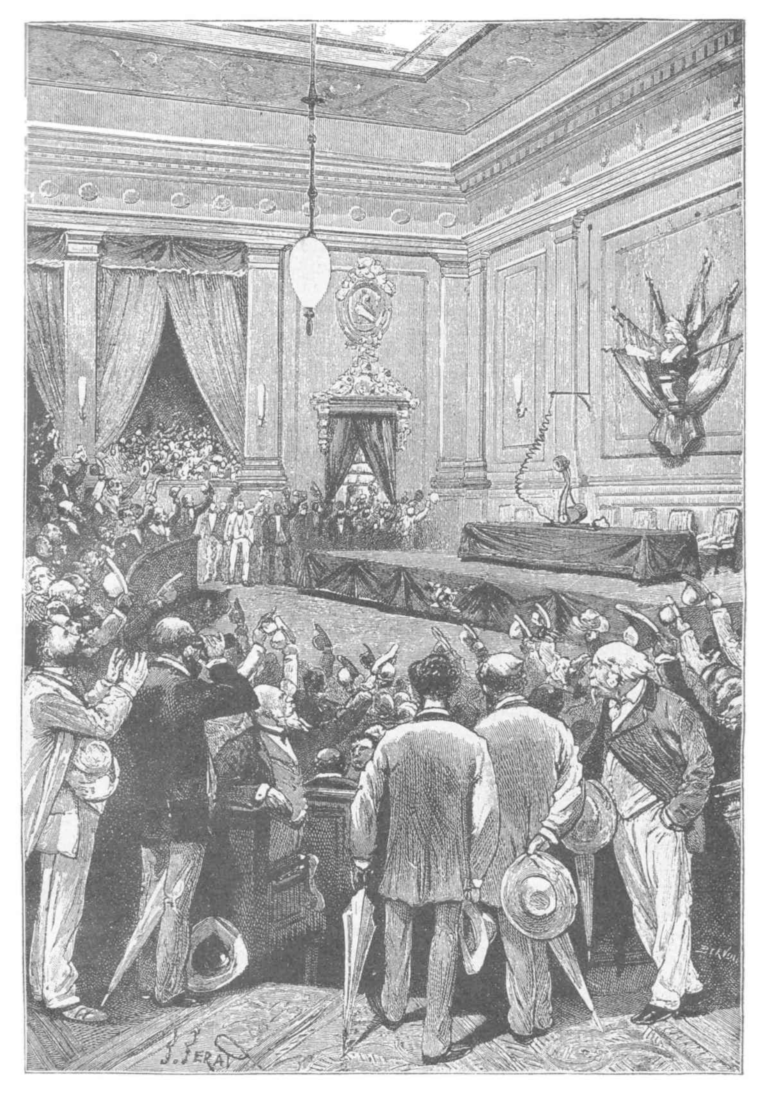
Уже одинъ поверхностный взглядъ на устройство этого прибора устраняетъ всякое подозрѣніе объ обманѣ. Нельзя предположить, что эти голоса, несомнѣнно человѣческіе голоса, принадлежатъ какимъ-нибудь шарлатанамъ, спрятавшимся подъ трибуною или вообще гдѣ-нибудь въ залѣ, такъ какъ голоса явно проникли сюда *извнѣ*. Но для того, чтобы они могли дойти сюда, непремѣнно долженъ существовать какой-нибудь способъ сообщенія этого зала съ внѣшнимъ міромъ. Дѣйствительно, присматриваясь ближе, мы замѣчаемъ двѣ металлическія проволоки, соединенныя съ приборомъ. Одна изъ этихъ проволокъ кончается у основанія трибуны, уходя подъ полъ. Очевидно, что ею намъ заниматься безполезно. Обратимся же къ другой: только она могла направить, привести въ залъ эти голоса. Когда мы узнаемъ, откуда идетъ *эта* проволока, мы будемъ знать, откуда идутъ голоса.

Отъ прибора проволока направляется въ смежный залъ. Здѣсь она соединяется со сложной системой, въ которой особенно бросается въ глаза небольшой, тонкой работы, снарядъ, установленный на ящикѣ; главная часть этого снаряда представляетъ собой латунный цилиндръ, облицованный слоемъ бѣловатаго воска. Надъ цилиндромъ, находящимся во вращательномъ движеніи, перемѣщается пластинка изъ посеребренной мѣди, имѣющая форму большихъ очковъ. Затѣмъ проволока отходитъ отъ другаго прибора, совершенно сходнаго съ тѣмъ, какой мы видѣли на трибунѣ.

Куда она идетъ теперь? Она входитъ въ стѣну и проходитъ черезъ нее. Прослѣдимъ тотъ путь, который она пробѣгаетъ за стѣной.

Пройдя часть города, она вступаетъ на мѣстную телеграфную станцію, затѣмъ, къ нашему изумленію, вскорѣ входитъ въ подводный кабель въ Сенъ-Пьерѣ.

Неужели голоса, дошедшіе къ намъ, прошли черезъ глубины океана?—Кабель погружается въ Антильское море, проходитъ (за островомъ Кубою) Мексиканскій заливъ и вступаетъ на мысъ Флориду. Отсюда, уже, въ качествѣ воздушной телеграфной линіи, онъ идетъ вдоль восточнаго берега Соединенныхъ Штатовъ до мыса Кодъ; здѣсь американская линія соединяется съ французскимъ кабелемъ, который проходитъ черезъ Атлантическій океанъ и выходитъ на сушу въ Брестѣ.— Ничто не мѣшаетъ намъ предположить непрерывность, тождественность проволоки, отошедшей отъ острова Мартиники, и мы можемъ сказать, что прослѣдили ея путь до самой Франціи. Что же дѣлается съ ней потомъ? Изъ подводной она дѣлается воздушной, и изъ Бреста направляется въ Парижъ, гдѣ вступаетъ въ главное управленіе почтъ и телеграфовъ. Но ея путь на этомъ еще не кончается. Она покидаетъ улицу Гренель, уходя въ землю для того, чтобы вскорѣ появиться. Гдѣ бы вы думали? Въ Бурбонскомъ дворцѣ, въ палатѣ депутатовъ! Здѣсь ея путь кончается. Вотъ она, наконецъ, вступаетъ въ приборъ, который помѣщается подлѣ самой національной трибуны, и, повидимому, воспринимаетъ звуки, возникающіе въ залѣ. Вотъ гдѣ проволока начинается, вотъ гдѣ она возникаетъ, вотъ тотъ исходный пунктъ, отъ ко-



Фиг. 2.—Жители острова Мартиники слушаютъ посредствомъ *телефонографіи* рѣчи своихъ представителей въ засѣданіи палаты депутатовъ въ Парижѣ.

тораго она отправляется въ свой далекій путь — за десятокъ тысячъ верстъ. Итакъ, мы знаемъ, откуда отправляется проволока. Но вѣдь только это и нужно было намъ знать для того, чтобы знать происхожденіе тѣхъ голосовъ, которые мы слышали *тамъ*, за океаномъ, на одномъ изъ Антильскихъ острововъ. Значитъ, нѣтъ сомнѣнія, голоса вмѣстѣ съ проволокой первоначально выходятъ изъ палаты депутатовъ. Да, это безспорно такъ: вотъ еще продолжается обсужденіе колоніальнаго бюджета, и въ голосахъ ораторовъ мы узнаемъ знакомые голоса, только-что слышанные нами за тысячи верстъ отсюда. Теперь мы въ состояніи объяснить себѣ рукоплесканія и шумъ въ собраніи колонистовъ Форъ-де-Франса, мы понимаемъ, какой интересъ заключался для нихъ въ таинственныхъ голосахъ: эти голоса принадлежатъ представителямъ острова Мартиники, отстаивающимъ здѣсь, въ палатѣ депутатовъ, интересы своей родины.

Этотъ слуховой „телефонографическій“ способъ сообщенія, о которомъ мы говорили только въ общихъ чертахъ, умышленно откладывая подробное его объясненіе, станетъ дѣйствительностью въ весьма недалекомъ будущемъ. Тогда мы будемъ обладать средствомъ слышать, воспроизводить и сохранять слова, сказанныя на родинѣ, гдѣ бы мы ни находились. Путешественники, переселенцы, отправляющіеся въ дальніе края, получатъ возможность знакомиться съ политическими преніями, происходящими въ родной странѣ, слушать, вѣрнѣе, какъ-бы присутствовать на бесѣдахъ, которыя будутъ вестись въ академіяхъ, ученыхъ и литературныхъ обществахъ, слушать, на разстояніи цѣлыхъ тысячъ верстъ, оперу или драматическое произведеніе.

Если уже подобная возможность представляется намъ чудомъ, то какъ же придется назвать то великое изобрѣтеніе (въ зародышѣ оно заключается уже въ телефотѣ) *), которое вдобавокъ дастъ намъ возможность видѣть на разстояніи! Мы будемъ слышать и видѣть! Отъ разстоянія останется одно названіе, или, по крайней мѣрѣ, оно будетъ существовать лишь какъ невозможность осязать... (*фиг.* 3). Такимъ образомъ глубоко-истинныя слова Паскаля: „Умъ скорѣе утомится постигать, чѣмъ природа доставлять ему матеріалъ“ — найдутъ себѣ самое блестящее оправданіе.

Оставимъ пока въ сторонѣ гипотезу о возможности видѣть на большомъ разстояніи и вернемся къ дѣйствительному факту—слушанію. Есть полное научное основаніе допустить возможность слухового сообщенія между Мартиникой и Франціей, послѣ того, какъ въ февралѣ мѣсяцѣ 1889 года въ Институтѣ Франклина, въ Филадельфіи, многочисленная публика, совершенно покойно и не покидая мѣстъ, не проронивъ ни одного слога, ни одной ноты, слышала рѣчи и пьесы, сказанныя и спѣтыя въ Нью-Іоркѣ, т.-е. на разстояніи 155 верстъ **).

Если подобный результатъ былъ достигнутъ вчера, то чего же нельзя будетъ достигнуть завтра?—Постараемся узнать, какимъ образомъ происходятъ подобныя вещи. Какимъ образомъ можно будетъ и даже можно уже и въ настоящее время направить и привести человѣческій голосъ съ такихъ громадныхъ разстояній: какимъ образомъ французы, живущіе на островѣ Мартиникѣ, будутъ слушать своихъ депутатовъ, говорящихъ въ центрѣ Парижа; какимъ образомъ жители Филадельфіи могли слышать голоса жителей Нью-Іорка; какъ, наконецъ, эти голоса, эти рѣчи можно будетъ сохранять, дѣлать столь же жизнеспособными, какъ письмо, и можно ли будетъ по желанію слышать ихъ опять, когда явится надобность. Рѣшенія этихъ трудныхъ задачъ, нужно ждать не столько отъ телефоніи, сколько отъ телефонографіи. *Телефонія****) передаетъ го-

*) Въ 1889 г. французскій изобрѣтатель Куртонъ представилъ въ академію наукъ запечатанный конвертъ, содержащій описаніе *телефота* — прибора, дающаго возможность видѣть на разстояніи, какъ *телефонъ*—слушать.— Въ томъ же году Эдиссонъ сообщилъ о своемъ подобномъ же изобрѣтеніи, которое онъ пока держитъ въ секретѣ. Въ своемъ мѣстѣ мы разсмотримъ всѣ изслѣдованія о *телефотѣ* и укажемъ, что уже сдѣлано положительнаго въ этомъ направленіи.

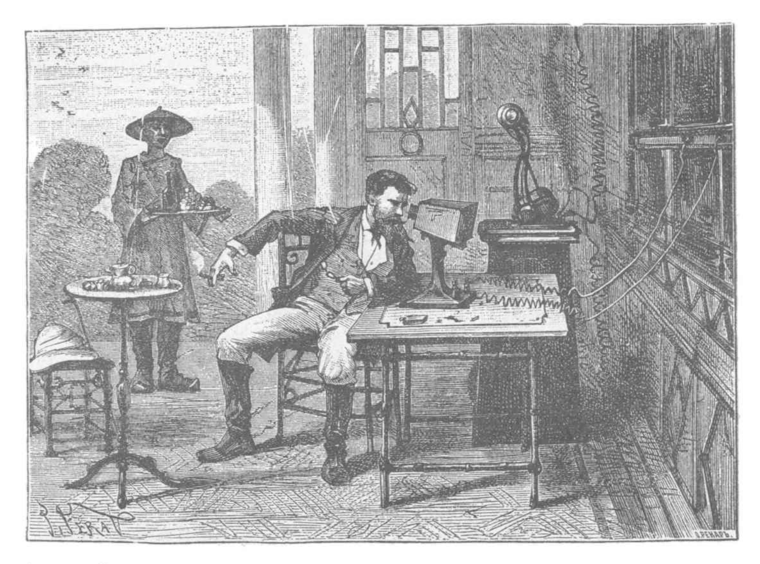
**) 165 километровъ.

***) Это слово происходитъ отъ двухъ греческихъ словъ: τῆλε (тэле)—далеко и φωνή (фонэ)—голосъ: передача голоса на разстояніе.

лосъ, но не сохраняетъ его. *Телефонографія* *) не только передастъ голосъ, но и сохраняетъ его и даетъ возможность воспроизводить его по желанію безконечное число разъ.

Очевидно, разница громадная — въ пользу этого новаго изобрѣтенія. При телефонографіи голосъ не кажется идущимъ издалека; здѣсь не такъ, какъ при дѣйствіи съ телефономъ: голосъ возникаетъ тамъ, гдѣ мы находимся, онъ выходитъ изъ прибора, стоящаго предъ нами, какъ будто изъ ящика. И дѣйствительно, тутъ уже не два человѣка переговариваются между собой, а два прибора, при чемъ одинъ воспроизводитъ на громадномъ разстояніи всѣ движенія другаго. Эти два удивительные прибора суть *фонографы*, а соединяющій ихъ аппаратъ—*телефонъ*. Сейчасъ мы ихъ опишемъ.

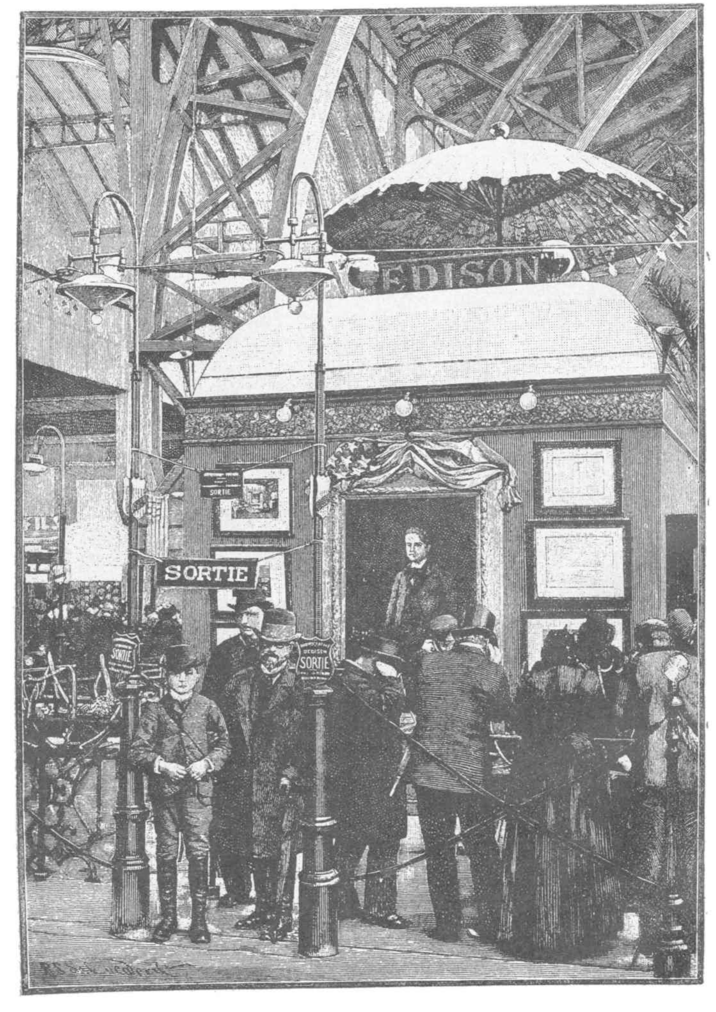
Среди удивительныхъ сокровищъ науки, промышленности и искусства, собранныхъ на чудной Всемірной выставкѣ 1889 года, одинъ небольшой приборъ, присланный изъ Америки, не мало привлекалъ къ себѣ вниманіе публики. Онъ находился въ машинной галлереѣ, въ помѣщеніи отведенномъ для экспонентовъ-



Фиг. 3.—На разстояніи цѣлыхъ тысячъ верстъ мы будемъ слушать оперу и видѣть драматическое произведеніе.

электриковъ. Около него толпилась масса народа, дожидаясь очереди. На небольшомъ ящикѣ изъ краснаго дерева былъ установленъ чрезвычайно тонко устроенный снарядъ. Отъ этого снаряда отходила длинная каучуковая трубка, развѣтлявшаяся на нѣсколько другихъ трубокъ (четыре, пять или шесть). Каждая изъ этихъ трубокъ расходилась на своемъ концѣ въ двѣ короткія вѣтви, оканчивавшіяся трубочками изъ китоваго уса. Группа изъ четырехъ, пяти или шести человѣкъ, дождавшаяся очереди, получала каучуковую трубку, причемъ каждый

*) Отъ трехъ греческихъ словъ: τῆλε, φωνή, и γράφο (графо)—пишу—передача записаннаго голоса на разстояніе.



Фиг. 4. — Посѣтители Всемірной выставки 1889 г. слушаютъ фонографъ Эдиссона въ машинной галлереѣ.

вставлялъ себѣ въ оба уха закругленные наконечники упомянутыхъ трубочекъ изъ китоваго уса. Слова произносились снарядомъ такъ чисто и отчетливо, они такъ походили на живую рѣчь человѣка, стоящаго тутъ же, подлѣ васъ, что у слушавшихъ являлось непреодолимое желаніе вынуть трубки изъ ушей и убѣдиться, не сдѣлались ли они жертвами какого-нибудь шарлатанства, чревовѣщательства. У другихъ подобныхъ приборовъ публика слушала уже не слова, а игру цѣлаго оркестра, фортепіано, скрипки или какую-нибудь высвистанную арію. Удивленіе публики возросло вдвое, когда она узнала, что эти слова, мелодіи и аріи были сказаны, съиграны, высвистаны нѣсколько недѣль или нѣсколько мѣсяцевъ тому назадъ въ Америкѣ, въ Соединенныхъ Штатахъ. Этотъ необыкновенный приборъ былъ фонографъ *) Томаса-Альвы Эдиссона (*фиг.* 4).

Изобрѣтеніе фонографа займетъ въ наукѣ одну изъ блестящихъ страницъ. То, что казалось неуловимымъ, было схвачено: сначала свѣтъ, потомъ звукъ. Послѣ француза Дагерра, который изобрѣтеніемъ фотографіи нѣкоторымъ образомъ фиксировалъ колебанія свѣта, явился американецъ Эдиссонъ, который фиксируетъ и воспроизводитъ колебанія звука. Отнынѣ мы обладаемъ средствомъ задерживать на ходу эти звуковыя колебанія, сдѣлать ихъ неизгладимыми и воспроизводить ихъ, когда и сколько разъ намъ будетъ угодно. XV вѣкъ изобрѣлъ способъ печатанія написаннаго, XIX вѣкъ печатаетъ уже произнесенныя слова. Благодаря этому-то открытію, станетъ возможно осуществленіе нашей мечты о слуховомъ *телефонографическомъ* способѣ сообщенія между Франціей и отдаленнѣйшими ея колоніями; благодаря ему, установится между всѣми цивилизованными народами общеніе—сначала, по крайней мѣрѣ, физическое, а впослѣдствіи, быть можетъ, и духовное!

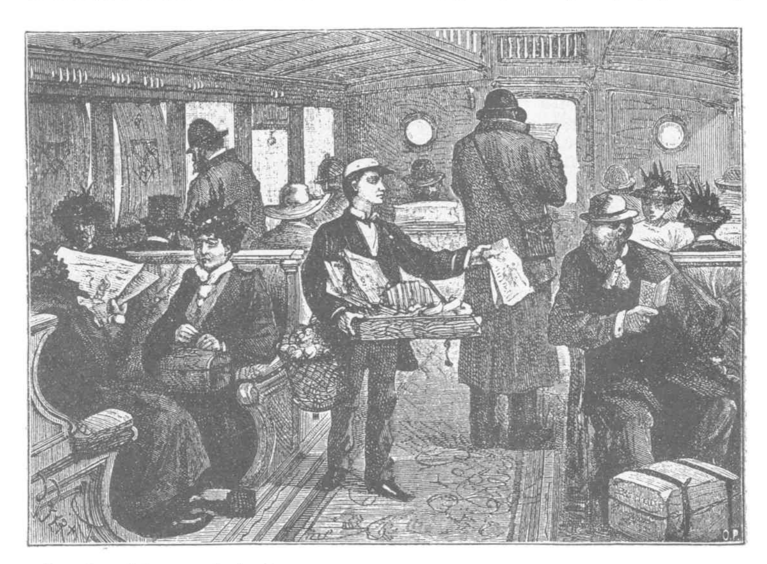
Жизнь Эдиссона, имя котораго связано съ большею частью великихъ открытій въ области современной физики **), являетъ намъ любопытный образецъ силы, труда и успѣха, достигнутаго, благодаря рѣдкой настойчивости.

Томасъ-Альва Эдиссонъ (изъ голландской семьи), родился въ Соединенныхъ Штатахъ, въ Миланѣ, небольшомъ городкѣ округа Эріе, штата Огайо, 11 февраля 1847 г. Несмотря на пробивающуюся сѣдину, онъ смотритъ еще молодымъ. Неособенно высокій лобъ изборожденъ морщинами—слѣдами сосредоточеннаго и упорнаго труда; между бровями рѣзко выражена перпендикулярная складка, которую Лафатеръ считалъ признакомъ обширнаго ума; прямой носъ оканчивается тонкими, слегка раздувающимися ноздрями; чисто выбритое лицо озарено глубокими голубыми глазами. Въ общемъ это деликатный, застѣнчивый человѣкъ, отъ котораго вѣетъ почти женскою кротостью. Своимъ образованіемъ Эдиссонъ былъ обязанъ единственно своей матери, уроженкѣ штата Массачусетсъ, которая, подобно многимъ американкамъ, до своего замужства завѣдывала первоначальной школой. „Это образованіе, полученное мною въ родномъ домѣ, — сказалъ самъ Эдиссонъ, — дало мнѣ во сто кратъ больше того, чему я могъ бы научиться въ самой лучшей школѣ". Его отецъ, по занятію портной, былъ человѣкъ небогатый. Поэтому Эдиссонъ двѣнадцати лѣтъ отъ роду поступилъ на желѣзную дорогу Главной Вѣтви въ качествѣ поѣздного мальчика. На пути отъ деревушки Портъ Гуронъ до города Детруа онъ продавалъ пассажирамъ газеты, сигары и фрукты (*фиг.* 5). Но, не смотря на свое неважное званіе, Эдиссонъ былъ записанъ въ библіотекѣ въ Детруа и прочелъ всѣ имѣвшіяся въ ней книги, „хотя ими была уставлена,—говоритъ онъ,—полка длиною въ пятнадцать футовъ и нѣсколько дюймовъ". Въ числѣ этихъ книгъ были „Математическія начала естественной философіи" Ньютона. Скоро у Эдиссона явилась мысль печатать въ вагонѣ листокъ новостей, краткое извлеченіе изъ имѣвшихся у него газетъ. Ему удалось достать шрифтъ, и онъ принялся за дѣло. Такъ какъ въ

*) Слово образовано двумя греческими словами: φωνή (фонэ)—голосъ и γράφω (графо) пишу приборъ, записывающій голосъ.

**) *Физика*—отъ греч. слова φυσις (физисъ) — природа. Физика изучаетъ силы природы и приложеніе этихъ силъ.

этомъ листкѣ печатались всѣ телеграммы, получавшіяся на главныхъ станціяхъ, то онъ дѣйствительно представлялъ для пассажировъ интересъ дня и охотно покупался всѣми. Молодой журналистъ установилъ свой типографскій станокъ въ одномъ изъ угловъ стараго вагона. Этотъ старый вагонъ-типографія сдѣлался также вагономъ-лабораторіей, въ которой Эдиссонъ со страстію занимался своими физическими и химическими опытами. Однажды упала стклянка съ фосфорной кислотой, и вагонъ загорѣлся. Поѣздъ былъ остановленъ, и расвирѣпѣвшій кондукторъ вышвырнулъ на дорогу самого типографа-физика вмѣстѣ со всѣми его типографскими принадлежностями и лабораторіей. Поѣздъ умчался безъ Эдиссона (*фиг.* 7).—Потерявъ службу на желѣзной дорогѣ, онъ основалъ въ Портъ-Гуронѣ другую газету подъ названіемъ *Нескромный Павелъ*, но въ то же время продолжалъ заниматься физикой. Благодаря любезности одного начальника станціи, онъ получилъ возможность изучить телеграфное дѣло, и въ нѣсколько мѣсяцевъ сдѣлался искуснымъ телеграфистомъ. Въ это время (ему не было еще 15 лѣтъ) онъ ввелъ нѣсколько измѣненій въ передающій аппаратъ (передатчикъ),



Фиг. 5. — Двѣнадцатилѣтній Эдиссонъ, продающій газеты, сигары и фрукты пассажирамъ на желѣзной дорогѣ Главной Вѣтви.

чѣмъ обратилъ на себя вниманіе электротехниковъ. Прослуживъ нѣкоторое время телеграфистомъ на мѣстной станціи, онъ перешелъ на службу въ Страффордъ, затѣмъ въ Адріанъ, Индіанополисъ и Бостонъ.

Въ 1870 г. онъ отправился въ Нью-Іоркъ. Онъ уже имѣлъ привеллегію на репетиторъ, на самопечатающую машину, двойную телеграфную систему (двойная передача, дуплексъ), но былъ лишенъ всякихъ средствъ къ жизни: нуждался въ хлѣбѣ, въ бѣльѣ. Его положеніе было гораздо хуже, чѣмъ въ то время, когда онъ продавалъ газеты на желѣзной дорогѣ Главной Вѣтви. Безуспѣшно искалъ онъ работы въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ у мастеровъ физическихъ инструментовъ и въ телеграфныхъ обществахъ. Однажды, когда онъ, получивъ обычный отказъ въ одномъ изъ подобныхъ обществъ, уже выходилъ изъ конторы,

его вернули и въ шутку предложили исправить испортившійся аппаратъ, отмѣчающій курсъ золотой монеты. Ни самъ изобрѣтатель прибора, Джорджъ Лоусъ, ни другіе техники не знали, отчего онъ испортился. Эдиссонъ въ нѣсколько минутъ изучилъ приборъ и тутъ же исправилъ его. Этотъ успѣхъ тотчасъ же доставилъ ему должность въ Обществѣ. Но, какъ не рѣдко бываетъ, за этимъ успѣхомъ послѣдовалъ другой: очень скоро Западное Товарищество, приступавшее къ испытанію Эдиссоновой двойной телеграфной системы, купило у него право эксплоатаціи этой системы за ежегодную ренту въ 6000 долларовъ (около 12000 руб.).

Съ тѣхъ поръ богатство и слава Эдиссона начали быстро расти. Въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ онъ состоялъ въ качествѣ инженера-электротехника при двухъ большихъ торговыхъ Обществахъ—Западномъ Товариществѣ и Банкирско-акціонерномъ Обществѣ, получая, сверхъ постояннаго значительнаго оклада, извѣстную, условленную плату за каждое новое усовершенствованіе въ телеграфѣ.

Громадная фабрика—лабораторія Эдиссона, состоящая изъ массы построекъ съ высокими трубами, расположена на линіи Нью-Іоркъ—Филадельфія, въ 28 верстахъ отъ Нью-Іорка, близъ деревни Орэнджъ въ штатѣ Нью-Джерсей. Она выстроена въ 1876 г. Здѣсь, въ этой образцовой лабораторіи въ Льюллинъ-Паркѣ, Эдиссонъ собралъ всѣ лучшія принадлежности мастерскихъ, всѣ физическіе инструменты и химическіе аппараты, сдѣланные у лучшихъ европейскихъ и американскихъ мастеровъ. Вы найдете здѣсь замѣчательнѣйшіе приборы и самыя сильныя машины, при чемъ все размѣщено такимъ образомъ что, когда у изобрѣтателя явится какая-нибудь новая мысль, онъ будетъ имѣть подъ руками все, что ему потребуется для успѣшной работы по намѣченному плану. Все, что можетъ быть сдѣлано ремесленникомъ, техникомъ или химикомъ, все, что приготовляется на фабрикахъ и заводахъ, можетъ быть приготовлено въ этой лабораторіи. И всѣ эти предметы, осмысленные, по излюбленному выраженію Эдиссона, въ той мѣрѣ, въ какой имъ требуется, собраны въ Льюллинъ-Паркѣ. Понятно, какъ легко, быстро и увѣренно производятся научныя работы въ подобной лабораторіи, гдѣ, смотря по желанію, можно сдѣлать часы или паровозъ. Расходы по лабораторіи въ настоящее время достигли четырехъ милліоновъ рублей, а производство опытовъ обходится, среднимъ числомъ, въ 12000 руб. въ мѣсяцъ. Можно сказать, что это наиболѣе полная и наиболѣе дорогая лабораторія въ мірѣ [1]). Здѣсь Эдиссонъ сдѣлалъ свои замѣчательнѣйшія открытія, пользуясь компетентными указаніями работающихъ съ нимъ опытныхъ спеціалистовъ—физиковъ, механиковъ, химиковъ и математиковъ. Нѣсколько сотъ рабочихъ, служащихъ въ лабораторіи, получаютъ долю дохода со всякаго изобрѣтенія, въ которыхъ они участвуютъ своей работой.

Главныя качества Эдиссона—удивительная память и рѣдкая неутомимость въ работѣ. Пять-шесть сутокъ подрядъ не спать и почти не ѣсть за работой, сдѣлать одну за другой десять, двѣнадцать моделей, бросать ихъ и начинать работу съизнова, продолжая ее до тѣхъ поръ, пока не будетъ сдѣлано то, что нужно, что задумано,—это для него обычное дѣло. Большинство изобрѣтателей приходятъ отъ извѣстнаго къ неизвѣстному. Пользуясь извѣстными свойствами даннаго предмета, они стараются найти его приложенія и обнаружить ихъ на практикѣ. „Эдиссонъ же",—говоритъ Филиппъ Дариль,—всегда поступаетъ наоборотъ: намѣтивъ себѣ цѣль, почти мечту, онъ ищетъ то, что обладаетъ требующимися свойствами, ныряетъ въ океанъ-природу и на днѣ его находитъ желанную жемчужину. Океанъ-природа здѣсь фигуральное выраженіе. Мы разумѣемъ тѣ тридцать-сорокъ громадныхъ фоліантовъ, въ которыхъ въ строгомъ порядкѣ отмѣчены Эдиссономъ и его сотрудниками всѣ явленія, всѣ наблюденія, показавшіяся имъ достойными вниманія. Напримѣръ, они отмѣчаютъ, что слоно-

[1]) На Всемірной выставкѣ 1889 г., въ спеціальномъ отдѣленіи Эдиссона, находилась довольно наивная картина, написанная масляными красками, изображавшая эту лабораторію и снабженная слѣдующею надписью: «Новая лабораторія въ Льюллинъ-Паркѣ (Нью-Джерсей), предназначенная для научныхъ „опытовъ", наиболѣе „полная" и наиболѣе дорогая лабораторія „во всемъ мірѣ".

новая кость, пролежавшая въ извѣстномъ маслѣ шесть недѣль, становится прозрачна или тягуча; что шарикъ ртути, будучи подвѣшенъ въ водѣ, принимаетъ ту или другую форму подъ вліяніемъ электрическаго тока. Это записывается. Нѣтъ нужды, что непосредственной пользы отъ этого не видно: эта польза можетъ оказаться впослѣдствіи. Такимъ образомъ, кроха по крохѣ создается чудесный арсеналъ фактовъ".—Сестра Эдиссона передаетъ слѣдующій фактъ. Однажды шестилѣтній Эдиссонъ куда-то пропалъ изъ дому. Долго его разыскивали и, наконецъ, нашли въ курятникѣ. Наблюдательный ребенокъ изображалъ изъ себя насѣдку, высиживающую цыплятъ. Сначала онъ присмотрѣлся, какъ это дѣлается настоящей насѣдкой, а затѣмъ сталъ подражать ей, открывая такимъ образомъ искусственный выводъ цыплятъ. За этимъ первымъ открытіемъ послѣдовало множество другихъ и, въ настоящее время Эдиссонъ имѣетъ болѣе трехъ сотъ привиллегій на свои изобрѣтенія. Тѣмъ не менѣе, умъ Томаса А. Эдиссона является скорѣе умомъ подражательнымъ, чѣмъ творческимъ. Это видно изъ того, что врядъ ли можно указать хотя на одно изобрѣтеніе Эдиссона, которое не было бы уже предугадано и даже нѣкоторымъ образомъ приложено на практикѣ до него. Одно безспорно: что безъ него эти открытія еще долгое время оставались бы въ зачаточномъ состояніи или на теоретической почвѣ, не выходя изъ академическихъ архивовъ и не останавливая на себѣ должнаго вниманія



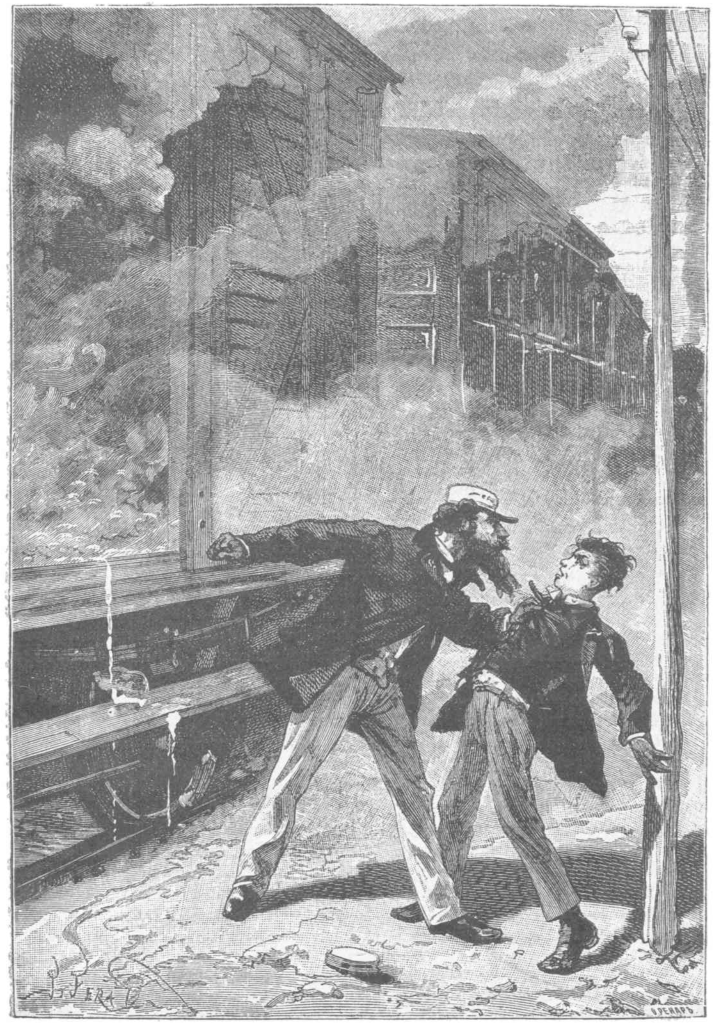
Фиг. 6.—Изобрѣтатели фонографа.

Французъ Леонъ Скоттъ (1857 г.). Французъ Шарль Кро (1877 г.). Американецъ Эдиссонъ (1878 г.).

изслѣдователей. Обладая практическимъ умомъ американца, Эдиссонъ понялъ и оцѣнилъ какъ слѣдуетъ идеи своихъ предшественниковъ и, благодаря своей разумной смѣлости, добился ихъ практическаго осуществленія. Въ этомъ смыслѣ онъ вполнѣ оправдываетъ свою славу.

Кому не извѣстно какую важную роль играетъ случай въ исторіи великихъ открытій; какъ часто люди, прославившіе свои имена замѣчательными изобрѣтеніями, находили то, чего вовсе не искали. Но роль случая въ этомъ отношеніи должна быть понимаема лишь въ томъ смыслѣ, что изслѣдователь добивающійся одного, наталкивается на другое, лишь благодаря своему пытливому уму, богатому воображенію и той массѣ наблюденій и научныхъ знаній, которыя хранятся въ памяти. Вотъ что даетъ возможность изъ „ничего" извлечь идею о предметахъ огромной важности. Для милліона обыкновенныхъ людей это „ничто", безъ сомнѣнія такъ и остается „ничѣмъ".

31 іюля 1877 года Эдиссонъ получилъ привиллегію на изобрѣтенный имъ автоматически дѣйствующій аппаратъ, позволяющій чисто-механическимъ путемъ передать депешу, полученную съ одной линіи, на другую. Телеграфный аппаратъ Морза чертитъ линіи различной длины, соотвѣтствующія различнымъ буквамъ



Фиг. 7.—Разсвирѣпѣвшій кондукторъ вышвырнулъ типографа и физика Эдиссона на дорогу, и поѣздъ умчался безъ него.

алфавита. Приспособленіе къ аппарату Морза, предложенное Эдиссономъ, заключается въ слѣдующемъ.

По неглубокой винтовой нарѣзкѣ вращающагося цилиндра ходитъ неподвижно укрѣпленный штифтикъ, помѣщающійся передъ цилиндромъ; но между штифтикомъ и цилиндромъ протянутъ листъ бумаги, на которомъ штифтикъ дѣлаетъ углубленія, соотвѣтствующія линіямъ и точкамъ Морзова алфавита. Для того, чтобы воспроизвести сигналъ, стоитъ только помѣстить листъ бумаги предъ другимъ штифтикомъ, соединеннымъ съ маленькимъ приборомъ, называемымъ электрическимъ прерывателемъ. Пока штифтикъ не встрѣчаетъ углубленій на бумагѣ, электрическій токъ проходитъ свободно, но коль скоро штифтикъ входитъ въ углубленіе, токъ прекращается. Послѣдовательныя замыканія и размыканія тока, длящіяся именно столько времени, сколько длились первоначально данные сигналы, передаются на требуемую станцію. Такимъ образомъ, чисто-механическимъ путемъ, депеша можетъ быть воспроизведена сколько угодно разъ.

Однажды, для забавы, а также для того, чтобы испытать искусство телеграфистовъ, чтобы убѣдиться, насколько быстро они будутъ въ состояніи принять и прочитать депешу, Эдиссонъ пустилъ свой аппаратъ съ необычной скоростью. Какъ только скорость сдѣлалась настолько значительной, что Морзовы сигналы сдѣлались неразличимыми, Эдиссонъ замѣтилъ, что аппаратъ издаетъ музыкальный тонъ, мѣняющійся съ характеромъ данныхъ сигналовъ. Неутомимый изслѣдователь тотчасъ же вздумалъ замѣнить сигналы слѣдами, оставляемыми членораздѣльной рѣчью. Въ теченіе одного часа онъ устроилъ діафрагму, т.-е. натянутую на рамкѣ перепонку изъ бумаги, пропитанной масломъ или парафиномъ, а бумагу замѣнилъ оловянной пластинкой. Затѣмъ онъ началъ говорить надъ діафрагмой, сообщивъ цилиндру вращательное движеніе. Будучи прикрѣпленъ къ діафрагмѣ, штифтикъ долженъ былъ колебаться вмѣстѣ съ нею и, слегка прижимаясь къ оловянному листу, записывать на немъ эти колебанія. Такимъ образомъ былъ найденъ способъ графическаго изображенія звуковыхъ колебаній. Теперь требовалось воспроизвести ихъ. Эдиссонъ снялъ первую діафрагму и помѣстилъ надъ цилиндромъ другую, прикрѣпивъ къ центру ея тонкое и гибкое остріе. Цилиндръ былъ снова приведенъ во вращательное движеніе, и остріе, встрѣчая на оловянномъ листѣ углубленія и возвышенія, вычерченныя штифтикомъ, передало діафрагмѣ колебанія, звуки. Машина заговорила: фонографъ *) увидѣлъ свѣтъ.

Фонографъ поражаетъ тѣхъ, которые его понимаютъ, столько же, если не больше, чѣмъ тѣхъ, для которыхъ онъ непонятенъ.

Для пониманія фонографа нужно имѣть нѣкоторыя свѣдѣнія изъ акустики **), нужно знать что такое звукъ.

Сущность звука извѣстна давнымъ давно: это родъ колебанія вещества. Колебаніе есть быстрое маятникообразное движеніе. Колебаніе тѣла слагается изъ колебаній всѣхъ частицъ, образующихъ это тѣло. Подъ вліяніемъ удара или тренія эти частички насильно выводятся изъ того состоянія равновѣсія, въ которомъ они находились дотолѣ; поэтому каждая изъ нихъ, стремясь занять свое старое мѣсто, двигается, подобно маятнику, впередъ и назадъ; это значитъ, что она колеблется. Полное, или двойное колебаніе состоитъ изъ движенія впередъ и движенія назадъ; одно движеніе впередъ или назадъ называется простымъ ко-

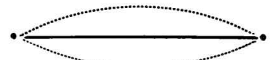
---

*) Этотъ первый фонографъ находится въ настоящее время въ Соутkенсингтонскомъ музеѣ.

Въ американскихъ газетахъ по поводу этого открытія разсказывалось слѣдующее. Однажды, производя свои опыты съ телефономъ, Эдиссонъ былъ такъ сильно уколотъ въ палецъ штифтикомъ у діафрагмы, приведенной голосомъ въ сильное колебаніе, что брызнула кровь. Изъ этого неважнаго обстоятельства Эдиссонъ заключилъ, что колебанія діофрагмы обладаютъ достаточной силой для того, чтобы оставлять на податливой поверхности слѣды, способные изображать движенія воздушныхъ волнъ, произведенныхъ голосомъ, и достаточно глубокіе для того, чтобы по нимъ можно было механически воспроизводить воздушныя колебанія, а, значитъ, рѣчь.

**) Акустика—отъ греч. слова ἀκούειν (акуэйнъ)—слышать—есть ученіе объ образованіи звука, его свойствахъ и распространеніи.

лебаніемъ. Нерѣдко колебанія тѣла бываютъ доступны нашему зрѣнію или осязанію. Такъ, напримѣръ, простая пеньковая нить (*фиг.* 8), натянутая между двумя неподвижными точками и приподнятая за середину, начинаетъ дрожать замѣтнымъ для глаза образомъ; точно также будетъ дрожать мѣдная пластинка, укрѣпленная на одномъ концѣ, если по другому ея концу ударить смычкомъ или пальцемъ. Ударъ по стѣнкѣ хрустальнаго стакана (*фиг.* 9), выводя изъ равновѣсія частички стекла, заставляетъ ихъ колебаться, такъ что ноготь, приставленный къ стакану, получаетъ быстрые, послѣдовательные толчки. Въ этомъ случаѣ колебанія осязаются нами.



Фиг. 8.—Дрожаніе (колебаніе) натянутой пеньковой нити.

Какимъ же образомъ эти видимыя и осязаемыя колебанія воспринимаются нашимъ ухомъ? — Благодаря воздуху, окружающему насъ со всѣхъ сторонъ.

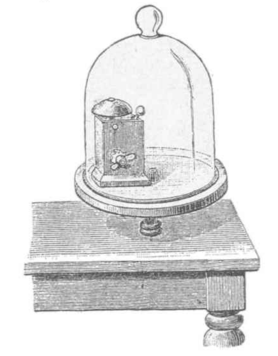
Назадъ тому 1800 лѣтъ слишкомъ, философъ Сенека писалъ въ своихъ „Естественныхъ вопросахъ": „Что такое звукъ голоса, какъ не сотрясеніе воздуха ударами языка? Какое пѣніе было бы возможно слышать, не будь этой упругой воздушной жидкости? Развѣ звуки рожка, трубы и гидравлическаго органа не объясняются все той же упругой силой воздуха?"—Однако же, эта истина была доказана лишь спустя шестнадцать вѣковъ, послѣ того, какъ Отто Герике изобрѣлъ воздушный насосъ.



Фиг. 9.—Дрожаніе хрустальнаго стакана.

Воздушный насосъ, или пневматическая машина есть приборъ, посредствомъ котораго можно произвести пустоту, т.-е. удалить воздухъ, содержащійся въ замкнутомъ пространствѣ.

Если подъ стеклянный колоколъ (*фиг.* 10) помѣстить металлическій звонокъ, который звонитъ безпрерывно, благодаря помѣщенному въ немъ часовому механизму, и съ помощью воздушнаго насоса выкачивать воздухъ, содержащійся подъ колоколомъ, то можно замѣтить, что звонъ становится все тише и тише по мѣрѣ того, какъ воздухъ разрѣжается. Наконецъ, наступаетъ такой моментъ, когда вы уже совершенно не слышите звонка, а между тѣмъ ясно видите, какъ молоточекъ по прежнему ударяетъ въ металлическій колпачекъ *). Этотъ опытъ наглядно доказываетъ, что въ пустотѣ нѣтъ ни звука, ни вообще какого-либо шума. Но изъ этого еще не видно, какимъ образомъ колебанія превращаются въ звуки.



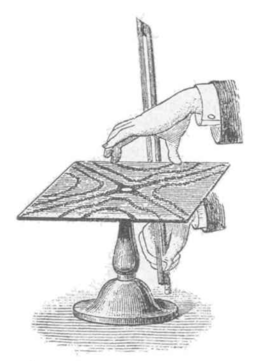
Фиг. 10.—Звонокъ, помѣщенный подъ колоколъ воздушнаго насоса.

Посыпавъ на стеклянную пластинку мелкаго песку, какъ дѣлалъ Хладни **), и проводя смычкомъ по одному изъ ея краевъ (*фиг.* 11), мы вызовемъ въ ней колебанія. Вслѣдствіе этого песчинки приходятъ въ движеніе, соскакиваютъ съ однихъ мѣстъ и собираются на другихъ; тѣ ли-

*) Для того, чтобы устранить возможность проведенія звуковъ чрезъ подставку воздушнаго насоса, звонокъ ставится не прямо на подставку, а на кусокъ войлока, который, какъ всѣ мягкіе и неупругіе предметы, не проводятъ звука, заглушаетъ его.

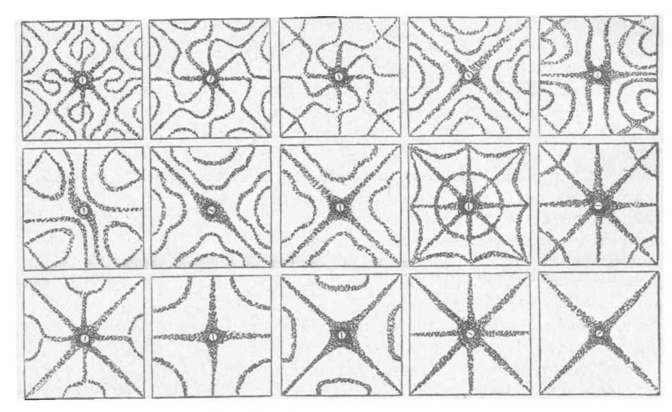
**) Фридрихъ Хладни, германскій физикъ, родился въ 1756 г., умеръ въ 1827.

ніи, по которымъ расположится песокъ, суть мѣста неколеблющіяся. Это явленіе зависитъ отъ того, что колеблющееся тѣло раздѣляется на извѣстное число частей, изъ которыхъ каждая находится въ свойственномъ ей колебательномъ движеніи, а между этими колеблющимися частями существуютъ точки и линіи, остающіяся въ покоѣ; онѣ образуютъ какъ-бы шарниры, на которыхъ вращаются, колеблются въ противоположныя стороны двѣ смежныя частички тѣла; эти точки и линіи называются *узлами*, или *узловыми* точками и линіями. Колеблющіяся же части пластинки, именно тѣ, съ которыхъ песокъ соскакиваетъ, называются *пучностями*, или *вздутіями*. Можно получить множество различныхъ фигуръ узловыхъ линій (*фиг.* 12) на одной и той же пластинкѣ, смотря по тому, какъ ее приводить въ колебаніе, какой узелъ намѣтить, кладя палецъ на опредѣленное мѣсто; но данная фигура всегда соотвѣтствуетъ извѣстному опредѣленному звуку *).

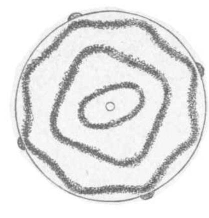


Фиг. 11.—Опыты Хладни надъ квадратной пластинкой.

Мы только-что видѣли, что колебанія пластинки передаются песку; такъ же точно они передаются и тому слою воздуха, который прилегаетъ къ поверхности пластинки; этотъ слой воздуха со-



Фиг. 12.—Хладніевы фигуры на квадратныхъ пластинкахъ.



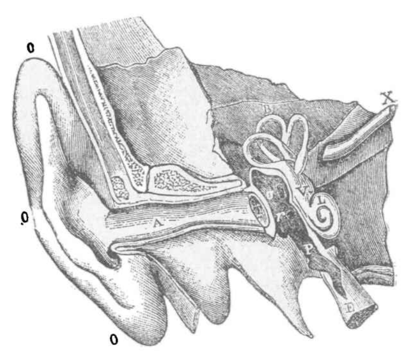
Фиг. 13.—Хладніевы фигуры на круглой пластинкѣ.

*) Изучены не только узловыя линіи на квадратныхъ пластинкахъ, свободныхъ по краямъ, но и на круглыхъ. Если послѣднія не укрѣплены по окружности, то узловыя линіи, или *хладніевы фигуры* состоятъ изъ круговыхъ линій, окружностей, концентрическихъ пластинкѣ, и изъ діаметровъ послѣдней. Изъ каждой такой пластинки можно извлечь только одинъ рядъ созвучныхъ другъ другу тоновъ, т.-е. такихъ, въ которыхъ одному колебанію самаго низкаго тона соотвѣтствуетъ опредѣленное цѣлое число колебаній, различное для различныхъ высшихъ тоновъ. Но если пластинка укрѣплена неподвижно въ извѣстныхъ точкахъ по окружности, то узловыя линіи, какъ показалъ Вертгеймъ, располагаются, образуя выемки (*фиг.* 13). По мѣрѣ того, какъ пластинку укрѣпляютъ по окружности все въ большемъ числѣ точекъ, стѣсняя такимъ образомъ ея собственныя дви-

общаетъ полученныя колебанія слѣдующему, и такимъ образомъ колебанія послѣдовательно передаются все дальше и дальше отъ одного слоя къ другому, пока наконецъ, не начнетъ колебаться тотъ слой воздуха. который непосредственно соприкасается съ нашимъ ухомъ.

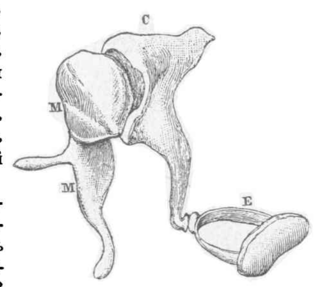
Для пониманія того, что происходитъ дальше нужно знать строеніе слухового органа.

Въ слуховомъ органѣ (*фиг.* 14) различаютъ три отдѣла: наружное ухо, среднее ухо и внутреннее ухо. Наружное ухо состоитъ изъ *ушной раковины* O и *слухового прохода* A, который оканчивается *барабанной перепонкой* T. Среднее ухо, которое дѣйствительно можно сравнить съ барабаномъ, называется *барабанной полостью*. Эта полость съ одной стороны ограничена барабанной перепонкой T, а съ другой — костной стѣнкой P, въ которой находятся два отверстія; изъ нихъ одно—o—называется овальнымъ, а другое—r—круглымъ окномъ; эти окна закрыты тоненькими перепонками. Въ нижней части полости находится отверстіе *Евстахіевой трубы*—такъ называется узкій каналъ, оканчивающійся въ глоткѣ и служащій такимъ образомъ для сообщенія барабанной полости съ наружнымъ воздухомъ. Наконецъ, въ этой полости заложена цѣпь изъ трехъ косточекъ (*фиг.* 15): *молоточка* M, *наковальни* C и *стремячка* E; мускулы, прикрѣпляющіеся къ этимъ тремъ косточкамъ, сокращаясь, сообщаютъ имъ извѣстныя движенія, въ силу которыхъ то молоточекъ болѣе или менѣе прижимается къ барабанной перепонкѣ, то основаніе стремячка—къ перепонкѣ овальнаго окна. Такимъ образомъ измѣняется чувствительность этихъ перепонокъ—сообразно большей или меньшей силѣ колебаній.



Фиг. 14.—Слуховой аппаратъ.

O. Ушная раковина. A. Слуховой проходъ.—T. Барабанная перепонка.—P. Костная стѣнка.—*o*. Овальное окно.—*r*. Круглое окно.—E. Евстахіева труба.—V. Преддверіе.—B. Полукружные каналы.—L. Улитка.—X. Слуховой нервъ.



Фиг. 15.—MM. Молоточекъ.—C. Наковальня.—E. Стремячко.

Внутреннее ухо, которое, подобно среднему, вполнѣ помѣщается въ твердыхъ частяхъ, въ височной кости, состоитъ изъ трехъ сообщающихся между собой полостей, называемыхъ *преддверіемъ* V, *полукружными каналами* B и *улиткою* L. Въ то время, какъ среднее ухо (*барабанная полость*) наполнено воздухомъ, внутреннее ухо выполнено жидкостью, въ которой плаваютъ многія тысячи тонень-

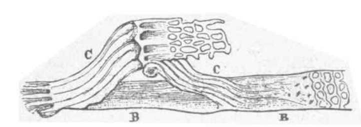
---

женія, она пріобрѣтаетъ все большую и большую способность производить всякіе другіе звуки, отзываться на нихъ. Этотъ важный фактъ объясняетъ намъ, почему пластинки, которыя должны обладать способностью колебаться подъ вліяніемъ всякихъ звуковъ (напр., пластинки у фонографа, у обыкновенныхъ телефоновъ), должны быть неподвижно укрѣплены, хорошо натянуты по окружности. Тѣмъ не менѣе, даже при этихъ условіяхъ, какъ показалъ Меркадье, пластинка все еще относится избирательно къ нѣкоторымъ тонамъ, особенно, такъ сказать, любимымъ ею, и, подъ вліяніемъ ихъ, колеблется въ болѣе широкихъ предѣлахъ, чѣмъ подъ вліяніемъ другихъ, звучащихъ одновременно съ ними.

кихъ волоконецъ, составляющихъ окончанія одного изъ нервовъ, выходящихъ изъ головного мозга,—*слухового нерва*. Для того, чтобы въ головномъ мозгу получилось ощущеніе колебаній, необходимо, слѣдовательно, чтобы эти колебанія дошли до внутренняго уха и чтобы подъ вліяніемъ ихъ жидкость, въ которой плаваютъ окончанія слухового нерва, въ свою очередь, начала колебаться. Для того, чтобы вполнѣ ясно представить себѣ механизмъ слуха, мы должны прослѣдить путь этихъ колебаній въ различныхъ частяхъ слухового органа, находящихся между наружнымъ воздухомъ и слуховымъ нервомъ.

Мы оставили колебанія стеклянной пластинки, взятой нами для примѣра, въ тотъ моментъ, когда они достигли того слоя воздуха, который соприкасается съ нашимъ ухомъ. Теперь мы можемъ прослѣдить тотъ путь, по которому они станутъ распространяться. Слой воздуха, соприкасающійся съ ушной раковиной, передаетъ полученныя имъ колебанія слѣдующимъ слоямъ воздуха, которые уже находятся въ слуховомъ проходѣ; въ концѣ этого прохода колебанія ударяются въ барабанную перепонку, которая, будучи хорошо натянута и очень упруга, начинаетъ колебаться. Благодаря воздуху, наполняющему барабанную полость, и цѣпи изъ косточекъ, заложенныхъ въ этой полости, барабанная перепонка сообщаетъ свои колебанія перепонкамъ круглаго и овальнаго окна; эти двѣ перепонки, въ свою очередь, приходятъ въ колебаніе и передаютъ эти колебанія той жидкости, которая заключается во внутреннемъ ухѣ. Колебанія различной продолжительности, одновременно распространяющіяся въ этой жидкости, заставляютъ колебаться различныя волокна особенной оболочки, такъ называемой *основной оболочки*, заложенной въ улиткѣ.

Опытъ показываетъ, что, если мы произведемъ различные музыкальные звуки около какого-нибудь струннаго инструмента, напр., арфы или фортепіано, то будутъ дрожать каждый разъ только тѣ струны, которыя соотвѣтствуютъ взятой нотѣ; такъ, струна, дающая ноту la_3, начнетъ дрожать только тогда, когда будетъ взята на какомъ-нибудь инструментѣ эта нота la_3. Если мы представимъ себѣ, что волокна основной оболочки играютъ ту же роль, что струны у арфы, то мы легко поймемъ, почему ухо обладаетъ способностью отличать особенность, характеръ каждаго звука, несмотря на массу доходящихъ до него звуковъ. Волокна основной оболочки В. В. (*фиг.* 16) передаютъ свои колебанія Корціевымъ, волокнамъ С, С. Послѣднія, расположенныя надъ основной оболочкой двумя рядами, косо наклоненными другъ къ другу, на подобіе стропилъ крыши, сообщаютъ колебанія многочисленнымъ нервнымъ клѣточкамъ и окончаніямъ слухового нерва, которыя, наконецъ, передаютъ ихъ мозговому веществу.



Фиг. 16.—Основная оболочка ВВ и Корціевы волокна СС.

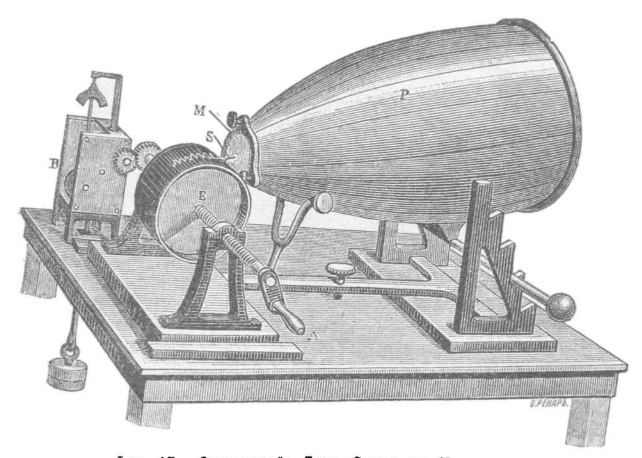
Итакъ, колебанія стеклянной пластинки достигли своей конечной цѣли. Подобно тому, какъ мы осязали пальцемъ колебанія хрустальнаго стакана, мы осязали нашимъ ухомъ колебанія стеклянной пластинки. Этотъ родъ осязанія, свойственный нашему уху, называется *слухомъ* *). Колебаніе, осязаемое ухомъ, называется *звукомъ*.

Итакъ, мы знаемъ теперь, что̀ такое звукъ; когда мы увидимъ, какимъ способомъ можно уловить, записать звукъ, мы легко поймемъ дѣйствіе и устройство *фонографа*.

Возьмемъ колеблющееся тѣло и заставимъ его записать самостоятельно тотъ звукъ, который оно издаетъ; заставимъ его написать число, объемъ и силу своихъ колебаній. Сдѣлать это очень легко: представьте себѣ колеблющійся

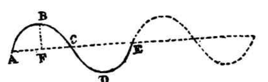
*) Въ сущности наши органы *слуха, зрѣнія, обонянія* и *вкуса*,—суть не что иное, какъ различныя видоизмѣнія доведеннаго до совершенства органа *осязанія*.

стержень, укрѣпленный неподвижно на одномъ концѣ и снабженный на другомъ легонькой бородкой пера, слегка прижимающейся къ закопченой стеклянной пластинкѣ. Если пластинка неподвижна, бородка пера, прикрѣпленная къ дрожащему стержню, при каждомъ колебаніи стержня, при каждомъ маятникообразномъ его движеніи, сотретъ немного копоти на протяженіи коротенькой прямой линіи, которую она будетъ чертить періодически; при такихъ условіяхъ колебанія будутъ записаны на пластинкѣ, но читать ихъ раздѣльно не будетъ возможности—они сольются. Если же пластинка будетъ перемѣщаться, то раз-



Фиг. 17.—Фонавтографъ Леона Скотта изъ Мартенвилля.

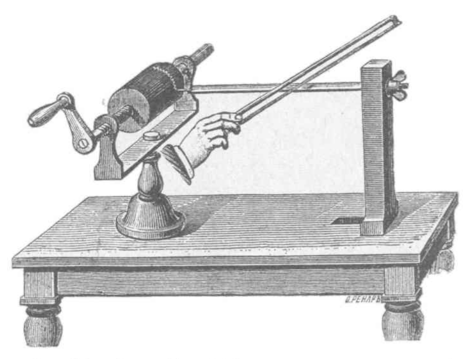
личныя точки, съ которыми приходила въ соприкосновеніе бородка пера въ различные, слѣдовавшіе другъ за другомъ моменты движенія, будутъ находиться въ различныхъ мѣстахъ на пластинкѣ; колебанія, слѣдовательно, будутъ раздѣльно и отчетливо записаны. Стержень напишетъ съ помощью пера на закопченной пластинкѣ свои собственныя колебанія, свои собственные звуки. Если бы записываніе должно было продолжаться нѣсколько минутъ, то пользоваться короткой стеклянной пластинкой было бы неудобно; поэтому ее замѣняютъ цилиндромъ *(фиг.* 19). Этотъ цилиндръ, насаженный на ось съ винтовыми нарѣзами, ввинчивающуюся въ неподвижно укрѣпленную гайку, обертывается закопченной бумагой. Вращая придѣланную къ оси рукоятку, мы сообщаемъ цилиндру двоякое движеніе—вращательное вокругъ оси и горизонтальное, поступательное, параллельно оси; при каждомъ полномъ оборотѣ цилиндръ подвигается впередъ на высоту винтоваго хода, т. е. на длину, равную разстоянію между винтовыми нарѣзами. Металлическій стержень, неподвижно укрѣпленный на одномъ концѣ, снабженъ на противоположномъ тонкимъ остріемъ, штифтикомъ, слегка прижимающимся къ поверхности цилиндра. Если при вращеніи цилиндра стержень не будетъ колебаться, штифтикъ начертитъ бѣлую правильно-спиральную линію на черномъ фонѣ; но коль скоро стержню будетъ сообщено дрожаніе съ помощью смычка, напримѣръ, спираль сдѣлается волнообразной. Каждое поднятіе или опусканіе волны, какъ ABC, напр. *(фиг.* 18), представляетъ одно простое



Фиг. 18.—ABC. Простое колебаніе.—ABCDE. Двойное колебаніе.

колебаніе; BF означаетъ наибольшее удаленіе колеблющагося стержня отъ первоначальнаго положенія, такъ называемую половинную амплитуду колебанія; время, какое длится записываніе двойнаго колебанія, называется *періодомъ* *) записаннаго колебанія.

Итакъ, колеблющійся стержень самъ записалъ свои колебанія на закопченной бумагѣ. Но эти колебанія были вызваны въ стержнѣ безъ посредства воздуха: мы просто проводили по нему смычкомъ. Какъ же записать такія колебанія, которыя переданы тѣлу черезъ воздухъ, а не вызваны путемъ прямого соприкосновенія?



Фиг. 19.—Дрожащій стержень записываетъ свои дрожанія.

Мы видѣли, что Эдиссонъ, работая со своимъ цилиндрическимъ приборомъ, механически воспроизводящимъ принятую депешу, рѣшилъ эту задачу. Говоря надъ бумажной перепонкой, онъ получилъ графическое изображеніе, т.-е. запись звуковъ.

Но гораздо раньше Эдиссона, именно въ 1857 году, французскій типографъ Леонъ Скоттъ изъ Мартенвилля, разрѣшилъ эту задачу, придумавъ снарядъ, названный имъ *фонавтографомъ* (самозаписывающійся голосъ). Фонавтографъ, фонографъ,—сходство поразительное! Но сходство заключается здѣсь не въ одномъ названіи. Віолль **) свидѣтельствуетъ, что Эдиссонъ въ своемъ фонографѣ представилъ лишь легкое видоизмѣненіе снаряда Скотта, а Жаменъ и Бути ***) говорятъ, что Эдиссонъ воспроизводитъ рѣчь способомъ, очень похожимъ на *фонавтографъ* Скотта. Въ 1861 г. Леонъ Скоттъ, неутомимо работавшій надъ усовершенствованіемъ своего снаряда, сдѣлалъ новое сообщеніе о немъ въ академіи наукъ. Къ несчастію, лишенный всякихъ средствъ, всякой поддержки, онъ не могъ добиться практическаго осуществленія своей мысли, и умеръ, оставивъ въ глубокой нищетѣ жену (племянницу френолога Галля) и дѣтей. Но бѣдняга еще успѣлъ быть свидѣтелемъ восторговъ, доставшихся на долю американскаго фонографа въ 1878 г., и успѣлъ еще написать книгу, въ которой скромно отстаивалъ свои права...

*) Періодъ—отъ греческихъ словъ περί (пери)—вокругъ и ὁδός (ходосъ)—путь—означаетъ обходъ, объѣздъ, затѣмъ теченіе, обращеніе звѣзды, извѣстный промежутокъ времени. Понятіе *періодичности* есть основное понятіе въ наукѣ. Почти всѣ явленія природы въ дѣйствительности періодичны, что и создало возможность понятія о времени. *Годъ* есть *періодъ* обращенія *земли* вокругъ *солнца*, т. е. то время, какое земля употребляетъ для своего обращенія вокругъ солнца; *день* есть *періодъ* обращенія земли вокругъ своей оси; *день* равенъ 24 часамъ, или 1440 минутамъ, или 86400 сек. *Мѣсяцъ* есть періодъ обращенія *луны* вокругъ *земли* и равенъ приблизительно 30 днямъ.

Идеальная, или *полярная* линія (земная ось), вокругъ которой земля совершаетъ свое суточное движеніе, также перемѣщается, но весьма медленно, возвращаясь къ извѣстному положенію черезъ 25765 лѣтъ (Камиллъ Фламмаріонъ, «Популярная астрономія»). Этихъ примѣровъ достаточно для того, чтобы показать важность понятія о *періодѣ*.

Но не годами, мѣсяцами или днями опредѣляется періодъ звуковыхъ колебаній, а долями секунды. Такъ, еслибы камертонъ la_3, дѣлающій 435 полныхъ колебаній въ секунду и предназначенный для настройки различныхъ инструментовъ въ оркестрѣ, колебался въ теченіе дня, онъ совершилъ бы 36 милліоновъ 784 тысячи колебаній. Въ такое же время камертонъ наиболѣе высокаго тона, послѣдняго изъ доступныхъ нашему слуху звуковъ (38000 колебаній въ секунду), совершилъ бы 3 милліарда 280 милліоновъ 200 тысячъ колебаній, а камертонъ самаго низкаго (16 колебаній въ

Для полученія изображенія звуковъ, колебаній, переданныхъ воздухомъ, Леонъ Скоттъ пользовался перепонками. Фонавтографъ (*фиг.* 17) состоитъ изъ большой параболической трубки P, на узкомъ концѣ которой натянута перепонка M. Къ наружной поверхности этой перепонки прикрѣпленъ посредствомъ воска очень легкій штифтикъ S, состоящій изъ щетинки, служащей пружиной, и бородки пера. Послѣдняя при своемъ движеніи стираетъ копоть съ бумаги, покрывающій цилиндръ E. Если заставить колебаться какое-нибудь тѣло, если говорить передъ отверстіемъ трубы, то колебанія станутъ распространяться въ воздухѣ, наполняющемъ трубу, до тѣхъ поръ, пока не ударятся о перепонку; послѣдняя тогда начнетъ дрожать вмѣстѣ, одновременно со штифтикомъ, прикрѣпленнымъ къ ея наружной поверхности, и штифтикъ будетъ записывать переданныя ему колебанія на бумажной обкладкѣ цилиндра, равномѣрно вращаемаго посредствомъ рукоятки или двигателя съ гирей B.

Мы нашли въ Національной библіотекѣ нѣсколько листовъ безъ заглавія, содержащихъ „сообщеніе, сдѣланное Эдуардомъ Леономъ Скоттомъ 28 октября 1857 г. въ Обществѣ поощренія національной промышленности". Вотъ извлеченіе изъ этого разсужденія, свидѣтельствующаго о выдающемся умѣ автора.

„Милостивые государи! Я намѣренъ сообщить вамъ пріятную новость. Звукъ, подобно свѣту даетъ неисчезающее изображеніе на разстояніи: человѣческая рѣчь сама записывается,—разумѣется говоря языкомъ акустики,—на чувствительномъ слоѣ; послѣ долгихъ усилій, мнѣ удалось схватить слѣдъ почти всѣхъ воздушныхъ движеній, образующихъ звуки или шумы. Наконецъ, тѣ же средства позволяютъ мнѣ получить, при извѣстныхъ условіяхъ, вѣрное изображеніе быстрыхъ движеній, движеній, настолько мелкихъ, что они недоступны нашимъ органамъ чувствъ, движеній молекулярныхъ.

„Четыре года тому назадъ у меня явилась мысль фиксировать на чувствительномъ слоѣ слѣдъ движенія воздуха во время пѣнія или разговора. Большинство тѣхъ лицъ, которымъ я повѣрилъ свой планъ, отозвались о немъ, какъ о безумной мечтѣ. Но я не придалъ значенія этому суровому приговору. Я знаю, что такъ обыкновенно встрѣчались людьми самыя блестящія завоеванія человѣческаго ума, и мои слабыя попытки лишь раздѣляли участь многихъ великихъ открытій, на первыхъ порахъ считавшихся утопіями. Однако же, я долженъ признать, что этотъ краткій приговоръ не былъ лишенъ нѣкотораго подобія основательности. Въ самомъ дѣлѣ, что такое голосъ? Это періодическое движеніе окружающаго насъ воздуха, вызванное дѣйствіемъ одного изъ нашихъ органовъ. Но это движеніе очень сложное, быстрое, почти неощутимое... Какъ же схватить полный, ясный и точный слѣдъ подобнаго движенія, когда и рѣсница не дрогнетъ отъ него? Еслибы къ воздуху, окружающему насъ и скрывающему въ себѣ всѣ элементы звука, можно было приложить перо и остріе, оно оставляло бы слѣдъ своихъ колебаній на приспособленномъ для этого мягкомъ слоѣ. Но гдѣ найти точку опоры?.. Прикрѣпить перо къ этой бѣгучей, неощутимой, невидимой жидкости—воздуху—это химера, это немыслимое дѣло!.. Однако же, эта неразрѣшимая, повидимому, задача рѣшена природой.

„Разсмотримъ внимательно человѣческое ухо—это чудо изъ чудесъ. Я утверждаю, что наша задача нашла свое рѣшеніе въ явленіи слуха, въ устройствѣ тѣхъ приспособленій, какія существуютъ въ нашемъ органѣ слуха. Въ сущности, дѣло чрезвычайно просто. Въ ухѣ мы прежде всего замѣчаемъ каналъ. Въ этомъ каналѣ звуковая волна, какъ она ни сложна, на всемъ его протяженіи проводится безъ измѣненія, безъ потерь, защищенная отъ всего, что случайно могло бы возмутить ее. Подражая природѣ, я также устраиваю каналъ и придаю ему воронкообразную форму, для того,

---

секунду)—только 1 милліонъ 382 тысячи 400 колебаній. Звуки ниже и выше этихъ предѣловъ нашимъ ухомъ уже не различаются, такъ что, еслибы человѣкъ былъ вдругъ перенесенъ на такую планету, гдѣ періоды звуковыхъ колебаній были бы менѣе одной 38000-ной доли секунды или больше одной 16-й доли секунды, то ему казалось бы, что вокругъ него царствуетъ полнѣйшая тишина.

Мы увидимъ, что для колебательныхъ движеній, обусловливающихъ зрительныя впечатлѣнія или извѣстныя электрическія явленія, періоды еще короче; такъ мы видимъ голубой цвѣтъ, когда частицы эфира, этой предполагаемой среды, безъ которой была бы непонятна возможность большинства физическихъ явленій—дѣлаютъ 728 трилліоновъ колебаній въ секунду; для желтаго цвѣта достаточно уже 559 трилліоновъ, а для краснаго только 497 трилліоновъ колебаній (Жаменъ и Бути, „Физическая оптика". 1887 г.). Эти числа такъ громадны, а періоды такъ ничтожны, что едва укладываются въ нашемъ умѣ.— Подробное изученіе звуковыхъ колебаній, уясняя механизмъ частичныхъ, или молекулярныхъ движеній вещества, даетъ намъ возможность, путемъ сравненія, понять надлежащимъ образомъ множество другихъ физическихъ явленій, играющихъ громадную роль къ природѣ.

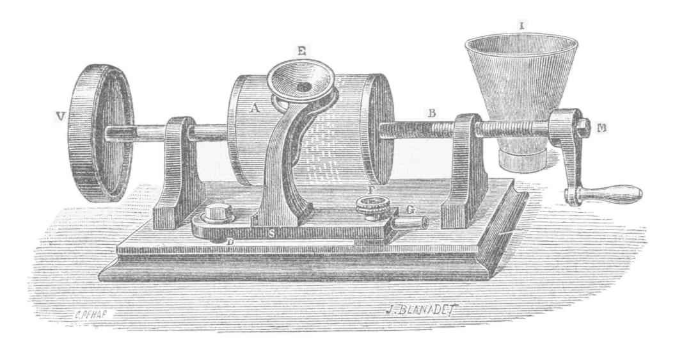
**) Віолль. „Ученіе о звукѣ". Гл. I.

***) „Курсъ физикипо программѣ Политехнической школы". Т. III.

чтобы сосредоточить звуки въ его узкомъ концѣ.—Теперь будемъ продолжать изученіе уха.— Въ концѣ наружнаго слухового прохода мы встрѣчаемъ тонкую натянутую и наклонно расположенную перепонку. Что представляетъ собой эта тонкая, полунатянутая перепонка? Согласно мѣткому опредѣленію Мюллера, это нѣчто смѣшанное, полутвердое и полужидкое. Обладая, подобно твердому тѣлу, значительной силой сцѣпленія, она напоминаетъ жидкость по крайне легкой перемѣщаемости своихъ частицъ. Господа, сама природа указываетъ намъ тотъ свѣтлый лучъ, который выведетъ насъ на истинный путь. Точка опоры для нашего пера на движущейся жидкости найдена: это тонкая перепонка, помѣщенная въ концѣ нашего искусственнаго слухового прохода. Штифтикъ, прикрѣпленный къ этой перепонкѣ, будетъ чертить слѣды своихъ движеній на слоѣ копоти, покрывающемъ какое-либо тѣло (металлическое, деревянное, бумажное). И для того, чтобы различные слѣды не сливались между собой, этому тѣлу сообщается равномѣрное движеніе".

Сдѣлавши нѣсколько общихъ замѣчаній изъ области акустики и указавъ нѣкоторые примѣры примѣненія своего снаряда, Скоттъ заключилъ свою рѣчь слѣдующими словами:

„Стоя предъ книгой природы, для всѣхъ открытой, я счелъ возможнымъ попытать читать въ ней. Задача, которую я себѣ поставилъ, тяжела для моихъ силъ: я не совершу всего, что остается сдѣлать. Соблаговолите обсудить какъ то немногое, что я уже осуществилъ, такъ и то, что мнѣ представляется вполнѣ осуществимымъ, и, если вы найдете возможнымъ раздѣлить хотя нѣкоторую часть моихъ надеждъ, соблаговолите вспомнить, что, посвящая вамъ свой первый трудъ, я прошу васъ: помогите мнѣ".



Фиг. 20.—Первый фонографъ Эдиссона (1878 г.).

Отвѣтомъ на это сообщеніе былъ благопріятный для „Фонавтографическихъ опытовъ" Скотта докладъ, сдѣланный Лиссажу отъ имени Комитета экономическихъ искусствъ 6 января 1858 г. *)

Итакъ, запись колебаній, переданныхъ при посредствѣ воздуха, сдѣлана приборомъ Скотта—*фонавтографомъ*.

Въ то время еще никто не задумывался надъ обратной задачей; какъ воспроизвести эти записанныя колебанія? Какъ сдѣлать доступными для уха эти колебанія, замѣтныя только для глаза?

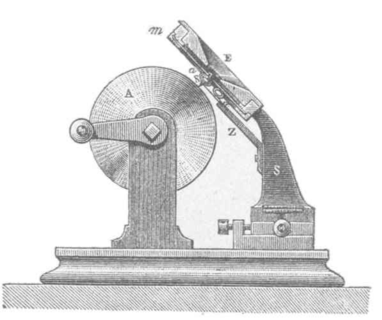
Ясно, что еслибы можно было заставить перепонку повторить свои колебанія, продѣлать вновь тѣ движенія, которыя она совершала во время записыванія звуковъ, то ухо восприняло бы тѣ же колебанія, т.-е. мы услышали бы тѣ же самые звуки.

Только въ 1878 г. въ первомъ фонографѣ Эдиссона былъ найденъ способъ не только получать слѣдъ, запись колебаній какого-нибудь тѣла или колебаній голоса, но и пользоваться этимъ слѣдомъ для точнаго повторенія, воспроизведенія этихъ колебаній. Этотъ первый *фонографъ* состоитъ изъ латуннаго цилиндра А

*) „Протоколы Общества поощренія національной промышленности". т. V, 2 я серія, 1858 г.

(*фиг.* 20), надѣтаго на ось съ винтовой нарѣзкой В. На поверхности цилиндра вырѣзана неглубокая витая, спиральная бороздка, съ такимъ же разстояніемъ между витками (съ такимъ же ходомъ), какъ и у винтовой нарѣзки на оси. Слѣдовательно, если вращать цилиндръ при помощи рукоятки, придѣланной къ концу оси, то спиральная бороздка, при каждомъ оборотѣ цилиндра, подвинется впередъ на длину, равную ея ходу. Цилиндръ обтянутъ листомъ изъ сплава олова со свинцомъ лишь настолько туго, чтобы ходъ бороздки былъ ясно замѣтенъ. Понятно, что когда не очень острый штифтикъ будетъ нажиматься на мягкую обкладку цилиндра въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ подъ ней нѣтъ твердаго металла, т.-е. на пути витой бороздки, онъ будетъ производить вдавленія на мягкой обкладкѣ, которыя не исчезнутъ.

Легонькій пишущій штифтикъ S (*фиг.* 21) сдѣланъ изъ твердаго металла. Онъ прикрѣпляется къ концу прямой пружинки, которая, при посредствѣ двухъ маленькихъ каучуковыхъ колецъ *aa*, прикрѣпляется къ другой металлической пластинкѣ, передъ которой производятся колебанія. Эта тоненькая пластинка M образуетъ дно воронкообразной трубки, или амбушюра E. Всѣ эти части, образующія записывающій механизмъ, поддерживаются стойкой S, установленной передъ цилиндромъ A.



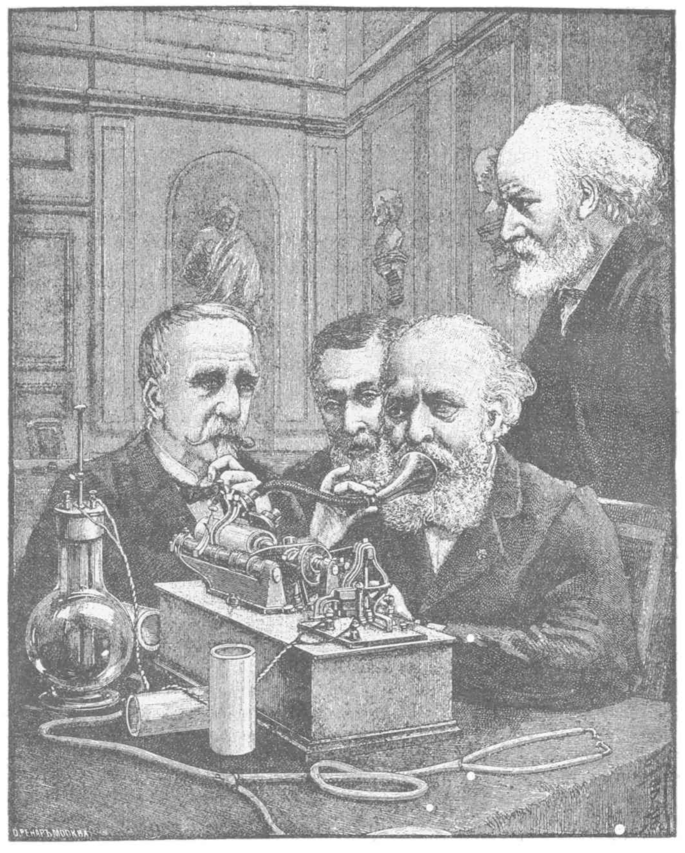
Фиг. 21—Первый фонографъ въ разрѣзѣ.

Штифтикъ устанавливается безъ нажатія какъ разъ противъ начала спиральной борозды, вырѣзанной на поверхности цилиндра, и тогда все готово для дѣйствія. Если мы будемъ говорить предъ амбушюромъ, вращая въ то же время рукоятку въ прямомъ направленіи, то метеллическая пластинка будетъ воспринимать колебанія голоса и, при посредствѣ каучуковыхъ колецъ и пружинки, передавать ихъ штифтику. Послѣдній будетъ отмѣчать ихъ на мягкой обладкѣ цилиндра, оставляя на ней болѣе или менѣе рѣзкія углубленія. Характеръ этихъ углубленій будетъ зависѣть отъ качества произведенныхъ звуковъ. Такимъ образомъ рѣчь будетъ записана.—Хотите ее воспроизвести? Приведите цилиндръ въ его первоначальное положеніе, вращая рукоятку въ противоположную сторону. При этомъ стойка должна быть отодвинута для того, чтобы штифтикъ не касался обкладки цилиндра. Затѣмъ установите штифтикъ противъ начала бороздки и вращайте рукоятку въ ту же сторону, какъ и въ первый разъ. Какъ только конецъ штифтика встрѣчаетъ слѣды, оставленные имъ на обкладкѣ, онъ то поднимается, то опускается, смотря по тому, встрѣчаетъ ли онъ возвышенія или углубленія; и такъ какъ онъ связанъ съ другой пластинкой, онъ сообщаетъ ей эти дрожанія, заставляетъ ее произвести рядъ точно такихъ же движеній, какія она совершила подъ вліяніемъ словъ, сказанныхъ передъ нею. Пластинка передаетъ эти колебанія воздуху; колебанія воздуха доходятъ до нашего уха—и звукъ воспроизведенъ: мы слышимъ рѣчь.

Только 15 января 1878 г. Эдиссонъ получилъ привиллегію на свой первый фонографъ. Но уже 30 апрѣля 1877 года французъ Шарль Кро *) представилъ въ академію наукъ запечатанный конвертъ. Этотъ конвертъ, по просьбѣ Кро, былъ вскрытъ 3 декабря того же 1877 года. Въ немъ оказалось описаніе способа

*) Родился въ Фабрезанѣ (Одъ) 1 октября 1842 года, умеръ 9 августа 1888 года.

воспроизведенія рѣчи; авторъ описывалъ изобрѣтенный имъ *фонографъ*. Намъ представляется столько же важнымъ, сколько и любопытнымъ, привести самый текстъ этого описанія.



Герцогъ Омальскій. Де-Клуазо. Гуно. Янсенъ.

Фиг. 22.—Испытаніе фонографа въ Академіи изящныхъ искусствъ (27 апрѣля 1889 г.).

„Въ общемъ",—писалъ Шарль Кро:—я стремлюсь получить слѣдъ маятникообразнаго движенія дрожащей пластинки и воспользоваться этимъ слѣдомъ для воспроизведенія этого самаго движенія, съ присущими ему продолжительностью и силой, на той же пластинкѣ или на другой, надлежащимъ образомъ приспособленной. Требуется, слѣдовательно, превратить слѣдъ чрезвычайно мелкій, подобный тому, какой получается отъ прикосновенія легонькаго острія къ поверхностямъ, закопченнымъ на пламени,—превратить этотъ слѣдъ въ возвышенія или углубленія, настолько прочныя, чтобы строго по нимъ могъ двигаться податливый штифтикъ и передавать свои дрожанія отзывчивой пластинкѣ. Къ центру упругой пластинки прикрѣпленъ маленькій штифтикъ, оканчивающійся остріемъ (металлическая проволока или бородка пера), которое прижимается къ закопчен-

ной поверхности. Эта поверхность принадлежитъ тонкому кружку, находящемуся въ двойномъ движеніи—вращательномъ и поступательномъ. Когда пластинка находится въ покоѣ, остріе пишетъ простую спиральную линію: если же пластинка дрожитъ, начерченная спираль будетъ волнообразной и ея волны изобразятъ въ точности всѣ колебанія пластинки съ ихъ продолжительностью и силой. Эту начерченную спираль переводятъ хорошо извѣстнымъ фотографическимъ способомъ на твердый матеріалъ, на закаленную сталь, наприм., причемъ безразлично, придать ли спирали видъ возвышенія, или углубленія. Затѣмъ посредствомъ двигателя мы заставляемъ эту поверхность, съ ея волнообразной спиралью, вращаться вокругъ оси и двигаться поступательно съ такою же скоростью, какъ прежде, во время записыванія колебаній. Пружинящій штифтикъ на томъ концѣ, которымъ онъ прижимается къ спирали, снабженъ остріемъ, если спираль представляется углубленной, или имѣетъ зарубку, выемку, если она возвышена. Другой же конецъ штифтика прикрѣпляется къ центру упругой пластинки, способной отзываться на всякіе звуки. Тутъ, слѣдовательно, пластинка будетъ приводиться въ дрожаніе уже не колеблющимся воздухомъ, а двигающимся по спирали штифтикомъ, совершающимъ точно такія же колебанія, въ отношеніи продолжительности и силы, какія дѣлала эта пластинка прежде, когда передъ нею производились звуки. Спиральный слѣдъ изображаетъ равныя, послѣдовательныя времена длинами, возрастающими или убывающими. Это не представляетъ неудобствъ, если пользоваться только краевой частью вращающагося кружка, такъ какъ обороты спирали очень близки другъ къ другу, но тогда пропадаетъ безъ всякой пользы серединная часть. Во всякомъ случаѣ, гораздо цѣлесообразнѣе было бы получить слѣдъ спирали на цилиндрѣ, и въ настоящее время я занятъ изысканіемъ средствъ къ практическому осуществленію этой мысли".

На это практическое осуществленіе у Шарля Кро не нашлось ни времени ни денежныхъ средствъ.

Подобно другому французу—Леону Скотту, онъ умеръ, оставивъ въ нищетѣ жену и двоихъ дѣтей. Но для выполненія своего плана ему недоставало только средствъ, и можно положительно утверждать, что, еслибы Кро имѣлъ въ своемъ распоряженіи лабораторію въ Льюллинъ-Паркѣ, онъ очень скоро вышелъ бы побѣдителемъ изъ предстоявшихъ ему затрудненій.

Нѣсколько дней спустя послѣ вскрытія конверта въ академіи наукъ, Шарль Кро, тщетно предлагавшій устройство своего аппарата многимъ промышленникамъ, написалъ Виктору Мёнье слѣдующее письмо, наглядно рисующее печальное положеніе изобрѣтателя во Франціи:

„Вотъ какъ обстоятъ мои дѣла: я ходилъ повидаться съ Б., но встрѣтилъ одного Н., котораго хорошо знаю, такъ какъ имѣлъ съ нимъ дѣла по поводу двухъ изобрѣтенныхъ мною телеграфныхъ приборовъ. Сначала Н. сдѣлалъ видъ, будто не узнаетъ меня, а затѣмъ сказалъ, что ему ничего неизвѣстно о цѣли моего прихода. Я объяснилъ свое дѣло и напомнилъ, что уже говорилъ о немъ Б. нѣсколько мѣсяцевъ тому назадъ.—„Мы слишкомъ заняты для того, чтобы браться за ваше дѣло", отвѣтилъ онъ: „а кромѣ этого, предупреждаю васъ, что первоклассные изобрѣтатели въ настоящее время работаютъ въ одномъ съ вами направленіи. Дѣлайте же свои опыты сами и попытайтесь опередить другихъ".

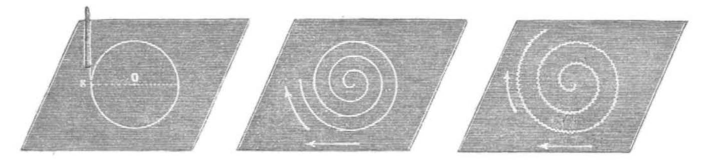
„Я замѣтилъ ему, что до моихъ работъ по этому предмету никѣмъ ничего не было опубликовано, и спросилъ имена этихъ первоклассныхъ изобрѣтателей (я, понятно гораздо ниже ихъ, такъ какъ они успѣли взобраться ко мнѣ на спину). Онъ назвалъ два имени: одно нѣмецкое, другое—итальянское, насколько могу припомнить. Есть, слѣдовательно, полное основаніе думать, что меня хотѣли-бы устранить въ этомъ вопросѣ, и я совершилъ большую глупость, позволивъ распечатать свой конвертъ. Повидимому, повторяется то же самое, что случилось съ моей же *цвѣтной фотографіей*, которая вошла въ настоящее время въ промышленную практику и приписывается вовсе не мнѣ... Дюжарденъ воспроизвелъ фотографическимъ способомъ цвѣта обоевъ въ четыре съемки: три предварительныхъ—желтую, красную и голубую, и четвертую окончательную. А между тѣмъ мое изобрѣтеніе сочли въ началѣ лишеннымъ всякаго значенія. Со временемъ, быть можетъ, справедливость сдѣлаетъ свое дѣло, но покамѣсть, вы видите, въ какомъ порабощеніи у капитала находится наука. Вѣдь твердятъ же: „теоретики ничего не стоятъ; они витаютъ въ облакахъ; давайте намъ дѣло, факты". А деньги для исполненія этого дѣла, для констатированія этихъ фактовъ—гдѣ ихъ взять?—Гдѣ хотите!—Вотъ какъ во Франціи погибаютъ многія начинанія".—Къ этому мы могли бы прибавить въ видѣ комментарія: вотъ какъ французы придумываютъ, а другіе прилагаютъ на практикѣ" *).

---

*) Шарлю Кро, не находившему лица, которое взялось бы устроить его аппаратъ, ничего другого не оставалось, какъ опубликовать свое изобрѣтеніе. Онъ такъ и сдѣлалъ, и опубликовалъ его въ сочувствовавшемъ ему органѣ, именно въ *Недѣлѣ Духовенства* (La Semaine du clergé). Замѣчательно, что аббатъ Лебланъ, въ статьѣ отъ 10 октября 1877 г., посвященной изобрѣтенію Кро, далъ этому изобрѣтенію столь знаменитое въ настоящее время названіе—*фонографа*. Вотъ что писалъ аббатъ: „Чуднымъ образомъ, дѣло идетъ не больше не меньше, какъ о способѣ сохранять звуки и воспроизводить ихъ потомъ, когда угодно. Такимъ образомъ, пользуясь изобрѣтеніемъ

Итакъ, Леонъ Скоттъ въ своемъ *фонавтографѣ* далъ способъ записать рѣчь, а Шарль Кро въ своемъ *палеофонѣ* (такъ онъ назвалъ свой приборъ) далъ способъ воспроизвести ее. Ему нравилось слово палеофонъ. „Это названіе,—писалъ онъ (оно обозначаетъ голосъ прошедшаго);—кажется мнѣ, вполнѣ вѣрно передаетъ назначеніе моего прибора“.

Этотъ *палеофонъ*, который не могъ быть устроенъ во Франціи, былъ утсроенъ нѣсколько лѣтъ тому назадъ въ Америкѣ. Берлинеръ изъ Вашингтона устроилъ приборъ, названный имъ *грамофономъ* *), въ которомъ онъ, можно сказать, буквально привелъ въ исполненіе мысль Кро. Берлинеръ взялъ плоскій кружокъ и сообщилъ ему двоякое движеніе—круговое и прямолинейное, какъ указывалъ Шарль Кро. Вы сейчасъ поймете безъ труда, какъ производится запись. Вообразимъ штифтикъ S, соприкасающійся съ закопченой поверхностью стекляннаго кружка. Когда кружокъ будетъ двигаться по прямой линіи (горизонтально), то штифтикъ (еще не дрожащій), необходимо начертить прямую линію. Если же кружокъ будетъ вращаться вокругъ оси O, то штифтикъ S опишетъ окружность радіуса S O *(фиг. 23)*. Если кружокъ движется заразъ въ обоихъ направленіяхъ, если онъ имѣетъ и круговое и прямолинейное движеніе, то



Фиг. 23. Фиг. 24. Фиг. 25.

Запись, сдѣланная штифтикомъ на закопченномъ стеклѣ.

штифтикъ также описываетъ круговую, но уже не замкнутую, а спиральную, или витую линію *(фиг. 24)*. Если мы теперь вдобавокъ заставимъ и штифтикъ дрожать, то онъ начертитъ зубчатую, *волнообразную* спираль, о какой говоритъ Кро. *(фиг. 25)*.

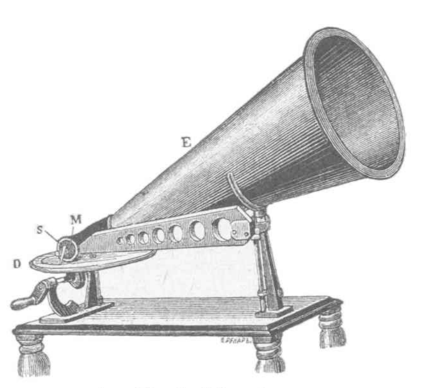
Берлинеръ воспользовался не стекляннымъ, а цинковымъ кружкомъ, имѣющимъ 12 дюймовъ въ діаметрѣ. Онъ покрываетъ этотъ кружокъ растворомъ воска при чемъ растворяющее вещество улетучивается, а воскъ остается въ видѣ тонкаго слоя на цинкѣ. Этотъ слой очень мягокъ и поэтому позволяетъ штифтику легко вдавливаться въ него. Штифтикъ S прикрѣпляется, какъ у *фонавтографа*, къ центру упругой пластинки M, помѣщающейся въ узкомъ концѣ слуховой трубки E. Если говорить въ эту трубку, штифтикъ будетъ записывать колебанія голоса на воскѣ, покрывающемъ цинковый кружокъ. По окончаніи записыванія поверхность цинковаго кружка, на которой штифтикъ, продавливая воскъ, начертилъ зубчатую спираль, подвергается дѣйствію хромовой кислоты. Подобно крѣпкой водкѣ, при гравированіи, кислота вытравляетъ металлъ въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ онъ не покрытъ воскомъ. Спустя четверть часа уже ясно видна въ лупу неглубокая зубчатая спираль, выгравированная на цинкѣ. Тогда кружокъ опять вводится въ приборъ, и штифтикъ, неизбѣжно слѣдующій за всѣми неровностями бороздки, передаетъ упругой пластинкѣ всѣ тѣ движенія, какія она совершала раньше, когда предъ нею говорили, когда производилось

Шарля Кро, вы сможете воспроизвести то, что вы скажете, споете или сыграете, такъ какъ приборъ съ точностью запишетъ, по вашему желанію, ваши слова, пѣніе и игру со всѣми ихъ характерными особенностями. Благодаря этому прибору, который я назову *фонографомъ*, мы будемъ снимать фотографіи съ голоса, какъ мы снимаемъ фотографіи съ лица.

*) Снарядъ „записывающій голосъ“—отъ греч. словъ γραμμα (грамма—буква, письмо, и φωνή (фонэ) голосъ.

записываніе. Такимъ образомъ рѣчь повторяется, воспроизводится. *Грамофонъ* обладаетъ большой силой, такъ какъ звуки, издаваемые имъ, слышны еще на разстояніи 7 саженъ отъ него.

Первый фонографъ Эдиссона, прославившійся на Электрической выставкѣ 1881 г. въ Промышленномъ дворцѣ, былъ далеко несовершенный аппаратъ. Звуки выходили съ носовымъ оттѣнкомъ, звукъ О передавался имъ неясно, а на букву Р и нѣкоторыя гласныя онъ очень смѣшно налегалъ. Слушая внимательно, можно было разобрать членораздѣльную рѣчь, произносившуюся аппаратомъ довольно шумно, но узнать голосъ лица, говорившаго въ него, было невозможно. Тѣ тонкія движенія, которыя придаютъ рѣчи ея оттѣнки, т.-е. тембръ и интонація, не воспроизводились. Слова казались поддѣльными, это скорѣе была пародія на человѣческій голосъ, чѣмъ настоящій голосъ. Кромѣ того, повторить много разъ одну и ту же фразу было невозможно, потому что съ каждымъ разомъ все труднѣе и труднѣе становилось ясно разобрать ее. Такъ какъ оловянный листъ не обладалъ должной гибкостью и мягкостью, то отпечатки, получавшіеся на немъ, обезображивались и измѣнялись при каждомъ новомъ соприкосновеніи со штифтомъ. Затѣмъ, о возможности посылать по почтѣ *фонограмму* и думать нечего было: отправлять весь приборъ было непрактично, а посылать одинъ оловянный листъ было еще непрактичнѣе, такъ какъ снять его, не повредивъ слѣды, отпечатки, углубленія и возвышенія на немъ, было немыслимо; съ другой стороны, какъ могъ бы ухитриться адресатъ наладить его на свой фонографъ? Къ этому нужно прибавить с л ѣ д у ю щ е е: такъ какъ каждая н о т а соотвѣтствуетъ опредѣленному и довольно значительному числу колебаній въ секунду, то для воспроизведенія какого-нибудь музыкальнаго произведенія требуется быстрое и равномѣрное движеніе цилиндра. Разумѣется, такая равномѣрность плохо достигалась простымъ вращеніемъ цилиндра рукой или посредствомъ рукоятки. Если при равномѣрномъ вращеніи цилиндра (дѣлающаго, наприм., сто оборотовъ въ секунду) мы пишемъ ноту la_3, соотвѣтствующую 435 полнымъ колебаніямъ въ секунду, то для воспроизведенія этой ноты потребуется, чтобы цилиндръ вращался съ такою же скоростью, т.-е. дѣлалъ сто оборотовъ въ секунду. Если бы онъ вращался съ двойной скоростью, мы получили бы уже не записанную ноту, а высшую ея октаву, такъ какъ дрожащая пластинка совершила бы въ этомъ случаѣ двойное число колебаній,—870, вмѣсто 435, въ то же самое время — одну секунду. Въ такомъ видѣ этотъ первый фонографъ былъ приборомъ неважнымъ и пригоднымъ единственно для физическихъ кабинетовъ. Этотъ фонографъ, придуманный въ 1878 г., сохранилъ свои несовершенства въ теченіе десяти лѣтъ. Вотъ, впрочемъ, что писалъ самъ Эдиссонъ о немъ въ газетѣ *Нью-іоркскій Міръ (New-York World)* въ нумерѣ отъ 6 ноября 1887 г.:



Фиг. 26.—Графофонъ Берлинера.

„Приборъ вѣситъ около 100 ф., стоитъ очень дорого. Извлечь изъ него хотя малѣйшую выгоду, кромѣ лицъ, обладающихъ совершенно особенными свѣдѣніями, не можетъ никто. Слѣдъ, оставляемый стальнымъ остріемъ на оловянномъ листѣ, сохраняется недолго. Я лично не надѣюсь видѣть когда-либо фонографъ, усовершенствованный настолько, чтобы онъ былъ способенъ записывать рѣчь

настоящимъ образомъ и воспроизводить её потомъ ясно и отчетливо. Но я увѣренъ, что, если это не удастся намъ, то это удастся слѣдующему поколѣнію. Самъ я оставилъ фонографъ, увѣренный, что посѣялъ доброе сѣмя, и занимаюсь теперь электрическимъ свѣтомъ".

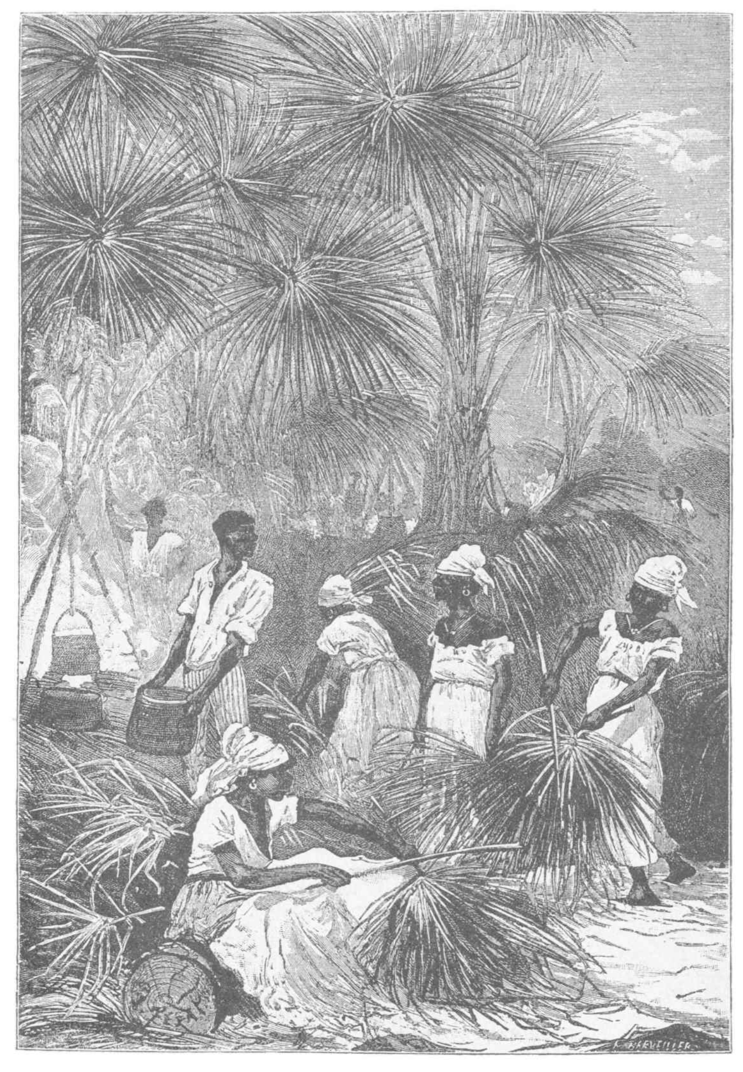
Послѣ такого признанія, послѣ столь ясно высказанной неувѣренности въ сомомъ себѣ, какъ же могло случиться, что наканунѣ открытія Всемірной выставки 1889 г. Эдиссонъ подарилъ намъ усовершенствованный, почти совершенный фонографъ? Въ такое короткое время—съ 6 ноября 1887 г. до 23 апрѣля 1889 г. (день, въ который новый аппаратъ испытывался въ академіи наукъ)—Эдиссонъ успѣлъ отказаться отъ своего рѣшенія больше не заниматься фонографомъ и найти то усовершенствованіе, которое онъ передъ тѣмъ отчаялся увидѣть когда-либо, оставивъ заботу объ его осуществленіи на долю будущаго поколѣнія. Что случилось? Что послужило причиной этого поворота?—Главный недостатокъ перваго фонографа, какъ было указано нами, заключался въ непригодности оловяннаго листа. Нужно было замѣнить этотъ металлъ матеріаломъ, достаточно мягкимъ для воспринятія малѣйшихъ слѣдовъ отъ давленія штифтика и вмѣстѣ съ тѣмъ достаточно твердымъ для сохраненія и точнаго воспроизведенія этихъ слѣдовъ. Здѣсь возникало такое же затрудненіе, какое возникало при приготовленіи типографскаго шрифта: одинъ свинецъ расплющивался подъ прессомъ, а одна сурьма крошилась, между тѣмъ какъ надлежащій сплавъ сурьмы со свинцомъ оказался вполнѣ отвѣчающимъ цѣли. Этотъ-то матеріалъ, безъ котораго немыслимо было усовершенствовать фонографъ, былъ найденъ Сёмнеромъ Тэнтеромъ изъ Вашингтона. Въ 1885 г. имъ былъ предложенъ, подъ названіемъ *графофона*, приборъ, записывающій и воспроизводящій рѣчь. Оставивъ негодное олово, онъ, послѣ долгихъ исканій, нашелъ, наконецъ, желаемый матеріалъ въ смѣси различныхъ сортовъ воска, — различнаго происхожденія и различныхъ свойствъ. Графофонъ оказался практичнымъ приборомъ, а фонографъ не замедлилъ сдѣлаться таковымъ. Въ сущности Эдиссонъ примѣнилъ къ своему прибору способъ Тэнтера *), и такимъ-то образомъ фонографъ могъ быть представленъ въ академіи наукъ 23 апрѣля 1889 г. „Компанія Эдиссона,—говоритъ Рафаэль Шандосъ **),—платитъ Сёмнеру Тэнтеру за право примѣненія его способа къ устройству фонографовъ 10 далларовъ (около 20 руб.) за каждый проданный приборъ ***).

Посмотримъ теперь, какъ устроенъ нынѣшній фонографъ, который, по словамъ проф. Янсена: „рѣшилъ одну изъ труднѣйшихъ задачъ, какія умъ человѣческій могъ себѣ поставить". Первоначальный оловянный листъ былъ замѣненъ восковымъ цилиндромъ, имѣющимъ 4 дюйма 6 линій длины и 2 дюйма въ діаметрѣ. Восковая масса составлена изъ смѣси мягкаго продажнаго воска (сотового) и твердаго воска изъ листьевъ *карнаубы*. Карнауба—это пальмовое дерево, въ изобиліи растущее въ Сѣверной Бразиліи, особенно въ провинціи Сеара. Воскъ, отдѣляющійся на наружной поверхности листьевъ этого дерева, представляется въ видѣ сухой порошковатой массы пепельнаго цвѣта. Онъ спадаетъ при малѣйшемъ толчкѣ уже въ то время, когда листья едва начинаютъ разворачиваться, а позже онъ стряхивается легчайшимъ вѣтеркомъ. Для полученія воска *карнаубы* листья срѣзаются каждыя двѣ недѣли въ теченіе шестимѣсячнаго сухого времени года, при чемъ оставляются только срединные побѣги, долженствующіе дать слѣдующій сборъ. Послѣдній, впрочемъ, не заставляетъ себя ждать въ виду быстроты роста. Листья сушатся на мѣстѣ, разложенные рядами и обращенные нижней поверхностью къ землѣ; затѣмъ ихъ собираютъ въ кучи, и женщины палками стряхиваютъ съ нихъ воскъ на широкіе холсты. Восковая

*) Академія наукъ, засѣданіе 3 іюня 1889 г.: „Эдиссонъ призналъ пригодность открытій проф. Тэнтера, воспользовавшись имъ для того, что называетъ своимъ усовершенствованнымъ фонографомъ". (Читано Г. Остгеймеромъ).

**) *Научное Обозрѣніе*, № 6, 2 сентября 1889 г.

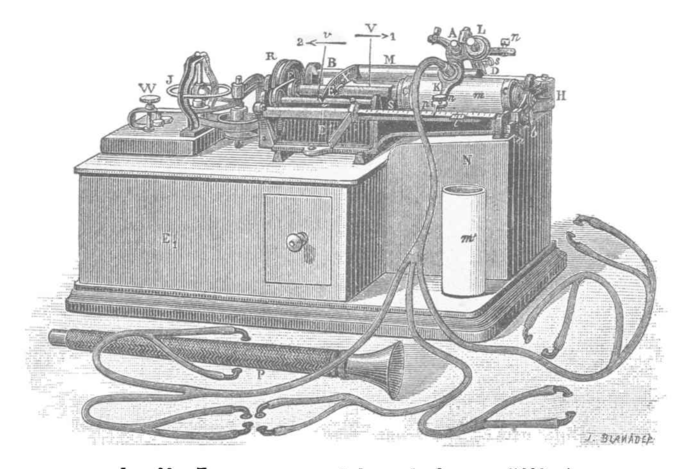
***) Исключительное право эксплоатаціи въ Соединенныхъ Штатахъ приборовъ, изготовляемыхъ „Компаніей графофона Тэнтера", пріобрѣтено за указанную плату „Сѣверо-американской компаніей", владѣющей привиллегіей на фонографъ Эдиссона.



Фиг. 27. — Сборъ воска *карнаубы* (въ Бразиліи), идущаго на приготовленіе фонографическихъ цилиндровъ.

пыль, собранная такимъ образомъ, непосредственно растапливается въ глиняныхъ сосудахъ.

Итакъ, цилиндръ, на которомъ должны записываться колебанія голоса, дѣлается изъ особенной смѣси различныхъ сортовъ воска. Отливка этого цилиндра вслѣдствіе того, что воскъ при охлажденіи осѣдаетъ, требуетъ извѣстныхъ предосторожностей: чтобы придать его поверхности необходимую гладкость, его выравниваютъ на токарномъ станкѣ, просверливъ предварительно, или же сдавливаютъ, при температурѣ сорока градусовъ, въ узкомъ пространствѣ между формой и пробойникомъ. Строго цилиндрическій снаружи, онъ имѣетъ слегка коническую форму внутри и долженъ точно приходиться на латунный цилиндръ CC' (*фиг.* 28) *). Ось этого цилиндра CC' снабжена на своемъ продолженіи V винтовой рѣзьбой, высота хода которой, т.-е. разстояніе между двумя сосѣдними витками, равна одной десятой части линіи. На концѣ этой оси насаженъ блокъ R, желобокъ котораго охватывается ремнемъ F. Въ деревянномъ ящикѣ E_1, служащемъ



Фиг. 28.—Усовершенствованный фонографъ Эдиссона (1889 г.).

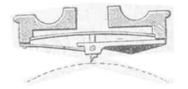
подставкою для прибора, заключается электрическій двигатель, который сообщаетъ цилиндру, при посредствѣ ремня, равномѣрное вращеніе вокругъ оси. У J видѣнъ центробѣжный уравнитель (съ шарами) этого двигателя. Нужно замѣтить, что винтъ V, а слѣдовательно и цилиндръ CC' здѣсь не имѣютъ поступательнаго движенія, какъ въ первомъ фонографѣ. Пластинки X и D прикрѣплены къ трубкѣ M, которая можетъ скользить по горизонтальной и неподвижной оси B. Благодаря той части гайки E, которая сидитъ на винтѣ V, этотъ винтъ, вращаясь, равномѣрно подвигаетъ впередъ по направленію стрѣлки 1 трубку M и прикрѣпленныя къ ней части на одну десятую линіи при каждомъ оборотѣ. Поступательное движеніе по направленію стрѣлки 2 достигается легко: полуоборотомъ винта *a* приподнимается рельсъ S, который, толкая пластинку X снимаетъ E съ V и въ то же время заставляетъ зубецъ E' захватить винтъ *v*. Послѣдній расположенъ такимъ образомъ, что производитъ движеніе, противоположное предыдущему. Это достигается или тѣмъ, что нарѣзамъ у винтовъ *v*

*) Сравни также фиг. 1, представляющую фонографъ по фотографіи, сдѣланной въ лабораторіи Эдиссона (Льюллинъ-Паркъ, Орэнджъ) 7 декабря 1888 г.

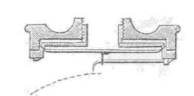
и V придаютъ одинаковое направленіе, а винты вращаютъ въ противоположныя стороны, или же тѣмъ, что винты вращаются въ одну и ту же сторону, а нарѣзамъ придаютъ противоположныя направленія. Высота хода у винта *v* гораздо больше чѣмъ у винта V; поэтому и обратное движеніе совершается гораздо быстрѣе. Части, прикрѣпленныя къ пластинкѣ D, мелки и неважны.

Рычагъ KL, согнутый подъ прямымъ угломъ, можетъ вращаться на шарнирѣ A. Слѣдовательно, части его K и L легко могутъ быть замѣняемы одна другою. Первая, предназначенная для записыванія рѣчи, состоитъ изъ стекляннаго кружка (представленъ въ разрѣзѣ на *фиг.* 29 въ видѣ двойной черты, слегка выпуклой кверху), вдѣланнаго въ оправу (затушевана), и штифтика, получающаго дрожанія кружка при посредствѣ резиновой подкладки, приложенной къ серединѣ кружка, и рычаговъ. Вторая,—служащая къ воспроизведенію рѣчи, состоитъ (*фиг.* 30) изъ шелковой діафрагмы, къ центру которой прикрѣпленъ штифтикъ съ притупленнымъ концомъ.

Обращеніе съ фонографомъ очень легко. Полуоборотъ винта *a* приподнимаютъ рельсъ S, который, толкая винтъ *n*, опирающійся на рельсъ, слегка отбрасываетъ назадъ пластинку D; кромѣ того онъ упираетъ зубецъ E' въ винтъ *v*. Вытягивая винтъ *b*, предварительно вывинченный изъ гайки, повертываютъ на шарнирѣ H поперечный брусокъ, удерживающій ось V близъ конца C; тогда можно надѣть восковой цилиндръ на латунный CC и пустить электрическій двигатель. Желательная скорость достигается посредствомъ уравнителя (винтъ W). Части, соединенныя съ пластинкой D, движутся по направленію стрѣлки 2. Дойдя до конца C' воскового цилиндра *m*, надѣтаго на латунномъ, пишущая часть L устанавливается такимъ образомъ, чтобы штифтикъ погрузился въ воскъ на нѣсколько сотыхъ миллиметра *). Это достигается при помощи винта *n*, на головкѣ котораго имѣются дѣленія. Помѣстивъ говорную трубу P надъ записывающей частью L, полуоборотомъ винта *a* приводятъ рельсъ въ прежнее положеніе и соединяютъ гайку E съ винтомъ V. Тогда штифтикъ начинаетъ двигаться по направленію стрѣлки 1 и чертить едва замѣтную бороздку на восковомъ цилиндрѣ; значитъ, наступилъ моментъ производить предъ отверстіемъ трубы тѣ звуки, которые желательно записать. Опытъ показалъ, что для хорошаго воспроизведенія рѣчи цилиндръ долженъ дѣлать около 60 оборотовъ въ минуту; для точнаго же воспроизведенія музыкальной пьесы требуется около 100 оборотовъ въ минуту.



Фиг. 29. — Записывающая часть въ разрѣзѣ.



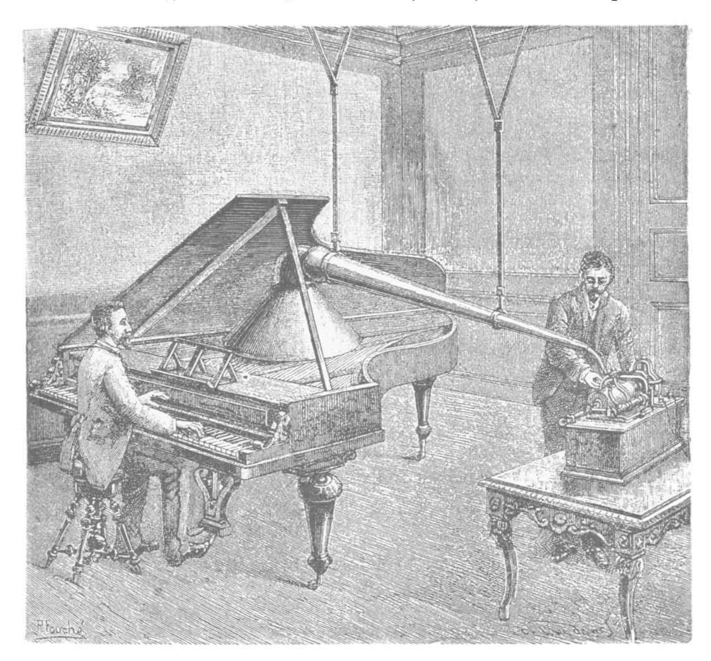
Фиг. 30 — Воспроизводящая часть въ разрѣзѣ.

Желающій записать свою рѣчь, долженъ говорить предъ отверстіемъ трубы громко и отчетливо. Тогда штифтъ выдавливаетъ на восковомъ цилиндрѣ черточки, соотвѣтствующія малѣйшимъ подробностямъ произведенныхъ колебаній; человѣческая рѣчь сохраняется со всѣми ея личными оттѣнками: съ интонаціей, тембромъ, скоростью или медленностью—словомъ, со всѣми характерными особенностями, свойственными рѣчи даннаго лица. Для полученія записи какого-нибудь музыкальнаго произведенія послѣднее исполняется передъ слуховой трубкой, соединенной съ записывающей частью фонографа. Чтобы записать фортепіанную музыку, требуется труба съ очень широкимъ отверстіемъ, которая могла бы собрать всѣ звуки инструмента и довести ихъ до воскового цилиндра безъ потерь (*фиг.* 31).—Тонкая, какъ волосъ, восковая стружка B (представлена при большомъ увеличеніи на *фиг.* 32), срѣзанная штифтикомъ A во время записыванія, падаетъ въ ящикъ N, помѣщенный подъ CC.—Для воспроизведенія за-

*) Миллиметръ $=\frac{4}{10}$ линіи.

писанныхъ на восковомъ цилиндрѣ звуковъ поступаютъ слѣдующимъ образомъ. Пластинка D приводится въ C′, вмѣсто записывающей части L, къ цилиндру обращается воспроизводящая часть поворотомъ рычага KL на прямой уголъ вокругъ оси A. Наконецъ, гайка E насаживается на винтъ V. Тогда штифтикъ воспроизводящей части K начинаетъ двигаться къ C, дѣлая такія же движенія, какія дѣлалъ штифтикъ L, такъ какъ онъ послѣдовательно проходитъ всѣ тѣ положенія, какія занималъ послѣдній.

Если требуется повторить извѣстную фразу въ рѣчи или часть музыкальнаго произведенія, начинающуюся у извѣстнаго дѣленія дециметра *) *i*, раздѣленнаго на миллиметры, то конецъ штифта *p* устанавливается противъ этого дѣленія. Это легко сдѣлать помощью винтовъ *a*, *v* и V, дѣйствіе которыхъ объя-



Фиг. 31.—Запись музыкальнаго произведенія фонографомъ.

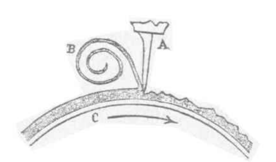
снено выше. Часто для большей скорости винтъ *v* удаляютъ и части, связанныя съ пластинкою D, отводятъ назадъ просто рукою.

Лучше всего слушать фонографъ посредствомъ каучуковой трубки (видна у K), оканчивающейся двумя вѣтвями, концы которыхъ прикладываютъ къ ушамъ. Подобныхъ трубокъ можетъ быть нѣсколько, такъ что слушать фонографъ могутъ нѣсколько человѣкъ заразъ; при этомъ къ ушамъ прикладываются или трубочки, отходящія отъ главной трубки, или трубочки, начинающіяся у четырехугольнаго ящика, въ который входитъ главная трубка. Можно также помѣстить у фонографа (въ K) большую слуховую трубу и такимъ образомъ дать

*) Дециметръ=100 миллиметрамъ=приблизительно 4 дюйм.

возможность слушать фонографъ заразъ всѣмъ, находящимся въ залѣ, но тогда звуки получаютъ нѣсколько носовой оттѣнокъ.—Для удаленія уже негоднаго слоя восковой обертки пользуются особеннымъ ножикомъ *) прикрѣпленнымъ къ пластинкѣ D. Помощью винта съ очень мелкой нарѣзкой, или микрометрическаго винта можно заставить ножикъ срѣзать слой желаемой толщины. Вполнѣ уничтожить слѣды дѣйствія этого ножа можно помощью раскаленной (электрическимъ токомъ) платиновой проволоки, прижимающейся къ воску посредствомъ микрометрическаго винта.

Недавно Эдиссонъ устроилъ у фонографа двигатель съ подножкой, педалью, какъ у швейныхъ машинъ. Въ этомъ видѣ приборъ стоитъ дешевле. Равномѣрное движеніе достигается помощью очень простого приспособленія, именно центробѣжнаго уравнителя (съ шарами). Остроумный изобрѣтатель и на этотъ разъ сдѣлалъ удачное подраженіе графофону Сёмнера Тэнтера.



Фиг. 32.—Восковая стружка, срѣзанная во время записыванія.

Янсенъ, демонстрируя товарищамъ-академикамъ новый фонографъ, слѣдующимъ образомъ перечислилъ усовершенствованія, сдѣланныя въ занимающемъ насъ приборѣ.

„Во первыхъ, вмѣсто одного штифта, служившаго вмѣстѣ для записыванія звуковъ на цилиндрѣ и для воспроизведенія ихъ, было устроено два: одинъ съ острымъ концомъ для записыванія,—другой — съ притупленнымъ концомъ — для воспроизведенія. Затѣмъ, очень счастлива замѣна оловяннаго листа матеріаломъ вполнѣ мягкимъ, тягучимъ и легко срѣзающимся съ большой точностью. Наконецъ, въ прежнемъ приборѣ перемѣщался въ горизонтальномъ направленіи и самый цилиндръ; въ новомъ же движутся въ этомъ направленіи только легкія части, именно дрожащія пластинки со штифтиками. Движеніе достигается электричествомъ; центробѣжный уравнитель, снабженный задвижкой, позволяетъ измѣнять скорость движенія и такимъ образомъ получать звуки быстро или медленно. Такимъ образомъ можно когда и сколько разъ угодно замедлять или ускорять издаваніе звуковъ, прерывать, продолжать, если нужно, или начинать вновь".

Ученый академикъ сдѣлалъ еще слѣдующее важное замѣчаніе:

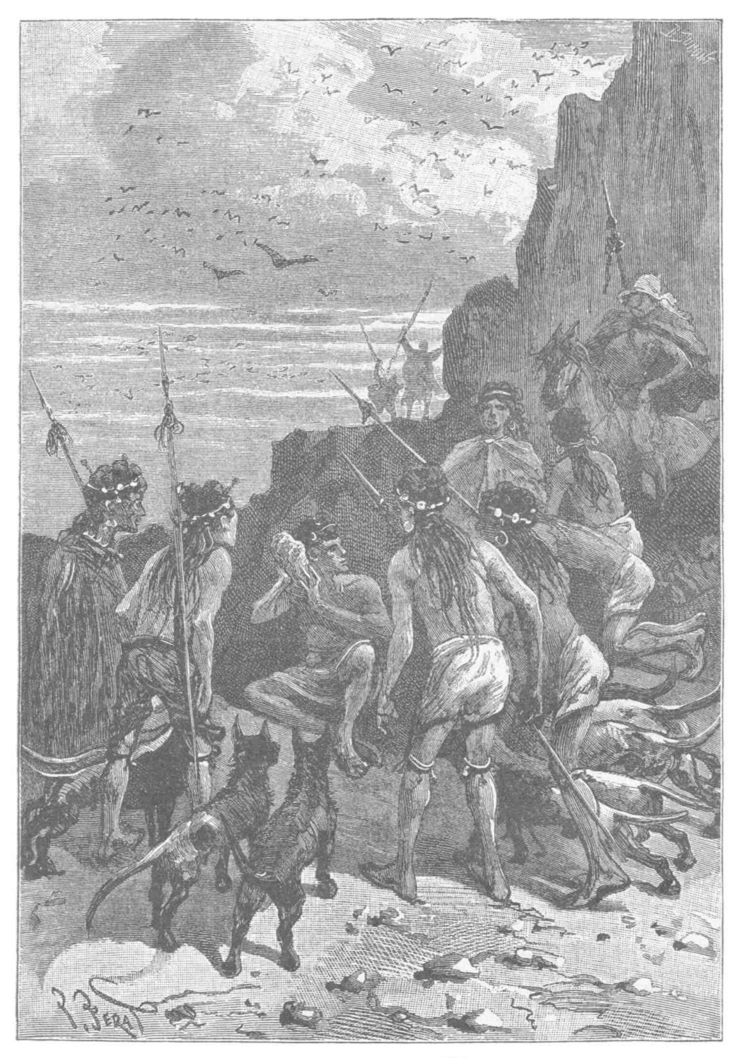
„Очень интересно то, что фонографъ можетъ записать не только всѣ тоны музыкальной скалы, слова, сказанныя на любомъ языкѣ, но и звуки цѣлаго оркестра. Это обстоятельство представляетъ высокій теоретическій интересъ, указывая на чудесныя свойства упругихъ перепонокъ".

Цѣльное воспроизведеніе фонографомъ оркестровой музыки трудно поддается объясненію. Однако же А. Вернье пытается нѣсколько подойти къ этому вопросу путемъ слѣдующаго остроумнаго сравненія.

„Представьте себѣ,—говоритъ онъ,—боченокъ, поплавокъ, качающійся въ гавани. Вѣтеръ безпрестанно пригоняетъ къ нему все новыя и новыя волны, заставляющія его попеременно то подниматься, то опускаться. Одни пароходы входятъ въ гавань, другія выходятъ, перекрещиваются во всевозможныхъ направленіяхъ; каждый изъ этихъ пароходовъ становится подвижнымъ центромъ небольшихъ волнъ на поверхности воды, и каждая изъ этихъ волнъ ударяетъ въ послушный поплавокъ и сообщаетъ ему свое особенное движеніе. Въ извѣстный моментъ поплавокъ получаетъ толчки, положимъ, отъ пятидесяти различныхъ волнъ, налетѣвшихъ на него съ разныхъ сторонъ. Эти волны одна другой не мѣшаютъ,—каждая идетъ своей дорогой. Поплавокъ получаетъ „кое-что" отъ каждой изъ нихъ; совокупное дѣйствіе ихъ въ данный моментъ можетъ дать поплавку только одно какое-нибудь положеніе,—всѣ полученные имъ толчки онъ послушно превращаетъ въ одно цѣлое **). Упругая пластинка у фонографа—это поплавокъ, получающій удары звуковыхъ волнъ. Всѣ положенія, принимаемыя пластинкой подъ вліяніемъ этихъ волнъ записываются на восковомъ цилиндрѣ.

*) Этотъ именно ножикъ вы видите на фиг. 1.

**) „Научныя бесѣды" въ газетѣ *Время* (*Temps*).



Фиг. 33.—Фонографъ въ 1632 г.

„Въ этой странѣ", разсказываетъ капитанъ Фостерлохъ: „имѣются особенныя губки, воспринимающія и сохраняющія всякія звуки, не исключая членораздѣльной рѣчи". (*Правдивый Курьеръ* сатирическій журналъ, издававшійся въ 1632 г.).

Важная опечатка, вкравшаяся въ 1-й выпускъ. На стран. 29-й, строка 14-я сверху и строка 9-я снизу, напечатано: другой, а слѣдуетъ читать: *упругой.*

Въ моментъ воспроизведенія то „кое-что", которое получено отъ каждой изъ записанныхъ звуковыхъ волнъ, достаточно для сотрясенія волоконъ основной оболочки во внутреннемъ ухѣ, соотвѣтственно этимъ волнамъ. Это позволяетъ уху отличать ихъ одну отъ другой—въ цѣлой массѣ звуковъ. Волокна основной оболочки подобны такимъ поплавкамъ, которые способны приводиться въ движеніе не всякими, а только нѣкоторыми, вполнѣ опредѣленными, всегда одними и тѣми же волнами".

Услуги, какія можетъ оказывать фонографъ, многочисленны и неоцѣнимы, Пользуясь фонографомъ, государственные люди, адвокаты, ораторы легко могутъ готовить свои рѣчи, записывая каждую новую мысль съ такой быстротой, съ какой можетъ сравниваться развѣ живая человѣческая рѣчь, и—что важнѣе всего—имѣя возможность слушать самихъ себя и исправлять легко бросающіеся въ глаза недостатки. Точно также удобно актерамъ, пѣвцамъ репетировать роли, все болѣе и болѣе совершенствуя произношеніе и интонацію. Писателю несравненно удобнѣе говорить свою статью или книгу, нежели писать ее. Американскій писатель Маркъ Туэнъ сказалъ однажды въ присутствіи Эдиссона, что ему нуженъ годъ для того, чтобы рѣшиться засѣсть за романъ — такъ онъ боится чернилъ. Чрезъ нѣкоторое время онъ получилъ отъ изобрѣтателя средство писать безъ чернилъ — фонографъ. Благодаря этому, Маркъ Туэнъ очень скоро *фонографировалъ* повѣсть.

Если бы древніе обладали этимъ чудеснымъ приборомъ, мы могли бы имѣть счастье нынѣ слушать Цицерона, громящаго Катилину, Виргилія, читающаго свои „Буколики" (описаніе пастушеской жизни), Сократа, Платона, бесѣдующихъ о философіи. „Что было бы, если бы вы услышали чудовище?" сказалъ Эсхинъ по поводу одной рѣчи Демосѳена. И спустя двѣ тысячи лѣтъ слишкомъ мы также могли бы слышать „чудовище". Будущимъ поколѣніямъ уже не придется высказывать подобныхъ сожалѣній. Пройдутъ вѣка, но рѣчь нашихъ лучшихъ людей, игра нашихъ славныхъ артистовъ будетъ жива для потомства во всей своей прелести. Оно будетъ знать, какъ Гуно *) аккомпанируя себѣ, пѣлъ отрывокъ изъ своего сочиненія; какъ Кокленъ исполнялъ роль Фигаро; какъ Патти пѣла каватину изъ „Севильскаго цирюльника".

Краснорѣчіе будущихъ Мирабо и Гамбеттъ сохранится во всемъ своемъ блескѣ для отдаленнѣйшаго потомства. Въ перламентахъ, въ общественныхъ собраніяхъ фонографъ съ успѣхомъ замѣнитъ собой стенографа. Рѣчи, произнесенныя здѣсь и записанныя на восковыхъ цилиндрахъ, будутъ печататься въ типографіяхъ со словъ фонографа. Обладая способностью съ точностью переда-

---

*) Вотъ любопытное извлеченіе изъ протокола одного засѣданія Академіи изящныхъ искусствъ (27 апрѣля 1889 г.) (*фиг.* 22).

„Янсенъ (испытывая фонографъ): — Демосѳенъ, Цицеронъ, Боссюэтъ, зачѣмъ вы умерли? Мы могли бы теперь слышать ваши удивительныя рѣчи изъ тѣхъ самыхъ устъ, которыя ихъ произнесли!

„Послѣ этого произошелъ слѣдующій курьезъ. Послышались замѣчанія, что эта фраза неправильна, неточна: кто перескажетъ эти рѣчи—уста ли ораторовъ, или восковой цилиндръ? Янсенъ началъ фразу въ другой разъ и, ища подходящее выраженіе, остановился на словѣ *изъ*. Фонографъ передалъ недоговоренную фразу. Янсенъ началъ въ третій разъ: „Демосѳенъ, Цицеронъ, Боссюэтъ"..... но, не удержавшись, разсмѣялся, прервавъ себя на полусловѣ. Фонографъ воспроизвелъ и дурно сдержанный смѣхъ.—Безподобно! удивительно!—послышалось со всѣхъ сторонъ.

„Затѣмъ герцогъ Омальскій сказалъ нѣсколько словъ въ фонографъ, и тутъ же приборъ коротко и громко повторилъ фразу изъ „Исторіи принцевъ Конде": „Воины Гассіона съ саблями и пистолетами ринулись на врага".—Казалось, будто слышишь военную команду **).

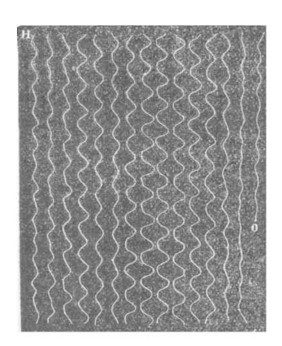
„Наконецъ, Ш. Гуно въ свою очередь подошелъ и спѣлъ передъ отверстіемъ трубы: „Дождь идетъ, пастушка". .. и закончилъ пѣніе словами: „Шарль Гуно, членъ Академіи изящныхъ искусствъ, Французскаго института".

„Одинъ изъ товарищей Гуно выразилъ общее впечатлѣніе слѣдующей фразой: „Чрезъ сто лѣтъ этотъ восковой цилиндръ будетъ стоить сто тысячъ франковъ".

**) „Исторія принцевъ Конде"—извѣстное сочиненіе герцога Омальскаго.— Гассіонъ — французскій фельдмаршалъ (17 в.).

вать всѣ оттѣнки въ произношеніи, фонографъ обратится въ учителя иностранныхъ языковъ. Мы будемъ имѣть восковые цилиндры съ записанной на нихъ игрой—на сценѣ или на инструментахъ—прославленныхъ артистовъ всѣхъ странъ. Въ нашихъ библіотекахъ будутъ храниться въ видѣ свертковъ-фонограммъ цѣлыя книги, продиктованныя самими авторами этихъ книгъ. Будутъ издаваться газеты-фонограммы, и подписчики, вмѣсто того, чтобы читать, будутъ слушать, всякій по своему выбору, *Ежедневную Фонограмму*, *Фонограмму Дебатовъ*, *Консервативную Фонограмму* или *Республиканскую Фонограмму*. Наконецъ, когда будутъ профонографированы пользующіяся успѣхомъ комедіи, драмы и оперы, намъ станетъ доступно рѣдкое удовольствіе—дешевый театръ у себя дома и на досугѣ.

Восковой цилиндръ называется фонограммой. При $4^1/_2$ дюйм. длины и 2 дюйм. въ діаметрѣ онъ легко можетъ записать отъ 800 до 1000 словъ, считая отъ 80 до 100 словъ на 4 линіи (1 сантиметръ) длины. Но понятно, что эти цифры должны мѣняться со скоростью вращенія и быстротой даннаго способа произношенія словъ.



Фиг. 34.—Воспроизведеніе слова „голло" (hullo) фонографомъ.

Безъ лупы нѣтъ возможности хорошенько разсмотрѣть всѣ многочисленныя и очень мелкія извилины, образующія слѣдъ, начерченный штифтикомъ на воскѣ. Какъ много этихъ извилинъ уже въ одномъ словѣ, видно изъ изображенія слова „голло" (hullo), представленнаго на фиг. 34 въ очень увеличенномъ видѣ. Отсюда легко убѣдиться, какую сложную работу производитъ фонографъ при всей простотѣ своего устройства *).

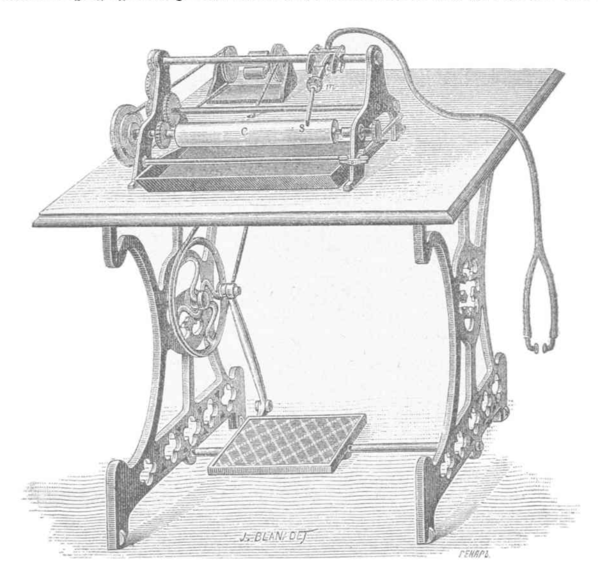
Эти восковыя цилиндры съ готовыми записями—фонограммы можно пересылать по почтѣ, уложивъ ихъ въ деревянные ящички, и такимъ образомъ, какъ въ живой бесѣдѣ, обмѣниваться мыслями съ кѣмъ угодно. Требуется только, чтобы у адресата имѣлся такой же фонографъ, какъ у лица, пославшаго фонограмму. — Мы уже сказали, что при повторныхъ воспроизведеніяхъ слѣдъ съ воска не стирается и что съ одной фонограммой можно сдѣлать тысячи повтореній безъ перемѣны въ качествѣ и силѣ звуковъ.

Счастливымъ соперникомъ фонографа на Всемірной выставкѣ 1889 г. явился уже упомянутый нами графофонъ Сёмнера Тэнтера. Въ существенномъ этотъ приборъ не отличается отъ фонографа Эдиссона. Но превосходная запись и столь же превосходное воспроизведеніе достигаются въ немъ несравненно менѣе сложнымъ путемъ. Вмѣсто воскового цилиндра, имѣющагося у фонографа, въ этомъ приборѣ (*фиг.* 35) цилиндръ состоитъ изъ свернутаго картоннаго листа, толщиною около $^1/_2$ линіи, покрытаго тонкимъ слоемъ восковой массы, составъ которой мы указали. Фонограмма вставляется между двумя лежащими другъ противъ друга пуговками, образующими какъ бы оконечности оси цилиндра. Дѣлается это легко и быстро. Дрожанія голоса заставляютъ колебаться тонкую пластинку изъ слюды, которая передаетъ это колебаніе острому стальному штифтику, срѣзающему тоненькія стружки съ воска. Воспроизведеніе дѣлается посредствомъ части S (*фиг.* 36). Эта часть состоитъ изъ полаго эбонитоваго (эбонитъ—затверженный, или роговой каучукъ) стержня, снабженнаго легкимъ стальнымъ штифтикомъ *a*, прижимающимся къ восковому цилиндру.

Этотъ штифтикъ имѣетъ видъ крючка. Посредствомъ шелковой нити *ff* онъ

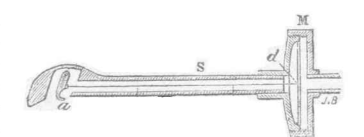
*) *Электрическій Свѣтъ*. Томъ 32-й.

соединяется съ круглой пластинкой *d* изъ целлюлоида *), укрѣпленной въ ящикѣ М. Стальное остріе при посредствѣ шелковой нити передаетъ пластинкѣ движенія, производимыя имъ при прохожденіи по возвышеніямъ и углубленіямъ на воскѣ, а кружокъ, въ свою очередь, черезъ каучуковую трубку передаетъ эти колебательныя движенія уху слушающаго лица. Во время записыванія и воспроизведенія графофонъ приводится въ движеніе помощью двигателя съ педалью,



Фиг. 35.—Графофонъ Сёмнера Тэнтера.

какъ у швейныхъ машинъ. Надавливая ногой на педаль, мы сообщаемъ быстрое вращательное движеніе двумъ пуговкамъ, поддерживающимъ и вовлекающимъ въ движеніе цилиндръ-фонограмму С. Это движеніе регулируется центробѣжнымъ уравнителемъ (съ шарами), подобнымъ тѣмъ, какіе имѣются у паровыхъ машинъ. Лишь только скорость движенія становится слишкомъ значительной, шары раздвигаются чрезмѣрно и соскакиваютъ съ оси, приводимой въ движеніе той же педалью. Такимъ образомъ движеніе необходимо должно совершаться равномѣрно. Несомнѣнно, что, замѣняя электричество весьма простымъ приспособленіемъ, требующимъ небольшого мышечнаго усилія, С. Тэнтеръ вводитъ очень значичительное упрощеніе.—Графофонный цилиндръ можетъ быть пересылаемъ по почтѣ точно такъ же, какъ и фонографическій; адресатъ точно такъ же можетъ безъ труда надѣть полученный цилиндръ на ось своего графофона. Но



Фиг. 36.—Воспроизводящая часть графофона.

*) Целлюлоидъ есть сложное вещество, состоящее изъ смѣси азотнаго эфира клѣтчатки съ камфорой.

разница въ томъ, что подобный цилиндръ обходится не дороже 7 коп., а пересылка его, въ ящиккѣ, стоитъ не болѣе 4 коп.

Безъ сомнѣнія, подобная переписка обойдется нѣсколько дороже, чѣмъ обыкновенная наша переписка, но за то этотъ чудесный способъ даетъ намъ возможность „говорить" свои письма.

Достигъ ли уже фонографъ высшей возможной для него степени совершенства? Самъ Эдиссонъ, конечно, лучше всѣхъ можетъ отвѣтить на этотъ вопросъ. Вотъ что онъ сказалъ корреспонденту одной большой нью-іоркской газеты *) на Всемірной выставкѣ:

„Я думаю, что фонографъ,—говорю о приборахъ, сдѣланныхъ въ моихъ мастерскихъ въ самое послѣднее время,—почти достигъ совершенства. Вы понимаете, что обыкновенный фонографъ, употребляющійся въ промышленности, не идетъ ни въ какое сравненіе съ тѣми спеціальными аппаратами, которыми я пользуюсь для своихъ опытовъ. Сила звуковъ, получаемыхъ мною помощью послѣднихъ, настолько значительна, что рѣчь можетъ отлично слышать цѣлая обширная аудиторія. Послѣднія мои усовершенствованія касаются преимущественно придыхательныхъ звуковъ, которые именно и составляютъ слабую сторону фонографа. Въ теченіи семи мѣсяцевъ я работалъ по восемнадцати-двадцати часовъ въ сутки надъ однимъ словомъ *„специя"*. Сколько разъ я ни повторялъ въ фонографъ: *специя специя, специя,* приборъ упрямо твердилъ все одно и то же: *пеция, пеция, пеция.* Ничего другого, не смотря на всѣ мои старанія, я добиться отъ него не могъ. Можно было съ ума сойти. Но я не упалъ духомъ и настойчиво продолжалъ свою работу до тѣхъ поръ, пока не добился того, чего желалъ. Результатъ таковъ, что теперь вы можете читать изъ книги въ фонографъ тысячу словъ, по 150 словъ въ минуту, и приборъ повторитъ ихъ затѣмъ безъ всякихъ пропусковъ. Вы поймете, насколько трудна была задача, которую я себѣ поставилъ — и рѣшилъ, если я скажу вамъ, что слѣды, получающіеся на цилиндрѣ во время придыханія въ словѣ *„специя"*, имѣютъ глубину не болѣе одной милліонной части дюйма и совершенно невидимы даже подъ микроскопомъ. Такъ я работаю.

Я не теоретикъ и отнюдь не претендую на ученость. Теоретики и ученые создаютъ свою славу тѣмъ, что въ самыхъ изысканныхъ выраженіяхъ разъясняютъ то, что сдѣлано трудами другихъ. Но всѣ ихъ формулы, взятыя вмѣстѣ, никогда не дали міру болѣе двухъ-трехъ не особенно важныхъ изобрѣтеній. Очень легко дѣлать удивительныя открытія, но *трудность состоитъ въ усовершенствованіи ихъ настолько, чтобы они получили практическую цѣнность. Вотъ этимъ-то я и занимаюсь"*.

Судя по этому объясненію, кончающемуся чисто американской и далеко не идеалистической исповѣдью, можно полагать, что фонографъ уже сказалъ свое послѣднее слово, или скорѣе—что онъ готовъ впредь говорить и повторять сколько угодно словъ... Въ началѣ этой главы, посвященной фонографу, мы напомнили мысль Паскаля: „Умъ скорѣе утомится постигать, чѣмъ природа давать ему матеріалъ". Нужно замѣтить, что въ умѣ человѣческомъ давно уже зародилась мысль о сохраненіи и воспроизведеніи рѣчи,—та самая мысль, которую наука нынѣ осуществила на практикѣ. Именно, въ одномъ сатирическомъ журналѣ, издававшемся въ 1632 г. (*Правдивый Курьеръ*), находимъ слѣдующія строки: „Капитанъ Фостерлохъ благополучно возвратился изъ своего путешествія въ южныя страны, предпринятаго имъ два съ половиной года тому назадъ, по порученію Голландскихъ Генеральныхъ Штатовъ. Между прочимъ, онъ разсказываетъ, что, проѣхавъ проливъ, поюжнѣе Магелланова, онъ высадился на такой землѣ, гдѣ имѣются особенныя губки, обладающія способностью воспринимать и сохранять всякіе звуки, не исключая членораздѣльной рѣчи, подобно тому, какъ наши губки вбираютъ въ себя жидкости. Такимъ образомъ, если обитателю этой страны хочется увѣдомить о чемъ-либо своего пріятеля, находящагося на далекомъ разстояніи отъ него, или завести съ нимъ бесѣду, ему стоитъ только сказать что нужно вблизи такой губки и затѣмъ переслать ее пріятелю. Послѣдній, получивъ ее, легонько ее выжимаетъ и такимъ образомъ заставляетъ ее сообщить все, что ей было передано" **).

Журналистъ 1632 г. высказывалъ эту мысль, какъ шутку, столь же чудесную, сколько и невѣроятную, а чрезъ 257 лѣтъ фонографъ превратилъ ее въ дѣйствительность!"

---

*) *Нью-іоркскій Вѣстникъ* (*New-York Herald*), 15 августа 1889 г.

**) Національная библіотека, *Правдивый Курьеръ*, апрѣль 1632 г. (Въ Національной библіотекѣ имѣются двѣ единственныя книжки этого журнала—за апрѣль и ноябрь 1632 г.).



Фиг. 38.—Въ 1650 г. курьеръ совершалъ путь изъ Парижа въ Марсель въ пятнадцать дней (359 часовъ).

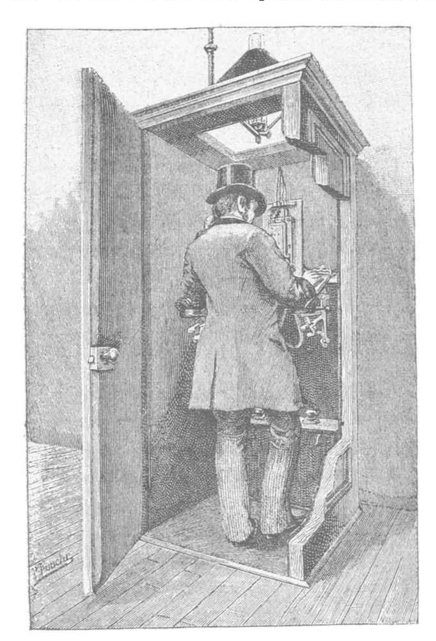
Глава II.

Телефонъ.

„Ты тамъ, пріятель?“—„А, вотъ и ты! Сразу узналъ тебя по голосу.“—„Какъ же не узнать? Не знай я точно, что ты въ Марселѣ, пари держалъ бы, что ты говоришь изъ смежной комнаты!“—„Совершенно то же самое и я испытываю. Удивительное это изобрѣтеніе, право!“—„Что и говорить! Да жаль,—удовольствіе неполное: интересно бы и повидать пріятеля“!—„Ты черезчуръ требователенъ, мой другъ. Да отчего-жъ тебѣ не съѣздить въ Марсель, если хочешь видѣть меня? У насъ теперь такая славная погода: сейчасъ, въ декабрѣ-то, солнышко свѣтитъ, какъ весною“.—„А въ Парижѣ десять градусовъ ниже нуля! Радъ бы погрѣться тамъ у васъ, да очень ужъ далеко—800 верстъ слишкомъ,—15 часовъ ѣзды по желѣзной дорогѣ туда и столько же обратно. Гдѣ время-то взять?“... Однако же, этотъ парижанинъ, которому некогда было съѣздить въ Марсель повидаться съ пріятелемъ, преспокойно разговаривалъ съ нимъ, причемъ слова его пролетали мгновенно такое разстояніе, которое онъ въ самомъ быстромъ поѣздѣ, могъ бы проѣхать лишь въ 14 часовъ 19 минутъ. Какимъ же образомъ онъ могъ вести подобный разговоръ?

Поднявшись по высокой лѣстницѣ въ контору биржи, онъ обратился къ чиновнику, сидѣвшему за форточкой, и сообщилъ фамилію своего пріятеля, который, какъ было условлено, долженъ былъ находиться въ это время въ конторѣ марсельской биржи. Чиновникъ, удостовѣрившись еще неизвѣстнымъ намъ способомъ, что вызываемое лицо находится въ марсельской конторѣ, выдалъ за

$4^1/_2$ франка (около 1 р. 75 коп.) билетъ на разговоръ въ теченіе 5 минутъ *). Запасшись билетомъ, парижанинъ вошелъ въ большой залъ съ шестью кабинетиками, на дверяхъ которыхъ находились надписи: „Ліонъ и Марсель", „Руанъ", „Гавръ", „Реймсъ", „Лилль", „Брюссель". Вошедши въ кабинетикъ „Ліонъ и Марсель"—тѣсную будку, обитую сукномъ и освѣщенную электрической лампочкой, онъ снялъ съ крючковъ двѣ трубки, приложилъ ихъ къ ушамъ, облокотился на предназначенную для этой цѣли стойку и завелъ уже извѣстный намъ разговоръ, говоря передъ деревянной дощечкой, расположенной въ уровень съ его лицомъ. Эта дощечка представляла для него марсельскаго пріятеля. При посредствѣ трубокъ онъ слышалъ, что́ говорилъ пріятель, слышалъ отвѣты на свои вопросы.



Фиг. 39.—Телефонъ изъ Парижа въ Марсель: телефонный кабинетикъ на парижской биржѣ.

Этотъ аппаратъ, благоря которому друзья легко могли переговариваться между собою на такомъ большомъ разстояніи, есть *телефонъ* **).—Разговоръ по телефону, даже на такомъ значительномъ разстояніи, какое отдѣляетъ Марсель отъ Парижа, считается въ настоящее время обычнымъ дѣломъ. Не далѣе какъ 23 января 1890 г. Камиллъ Фламмаріонъ произнесъ по телефону рѣчь изъ Парижа въ Марсель, именно въ марсельское ученое Общество имени Фламмаріона, собравшееся въ этотъ день по случаю принятія національнаго часа для всей Франціи по Парижскому астрономическому меридіану.

Любопытно прослѣдить, какія послѣдовательныя ступени прошла человѣческая мысль, человѣческая изобрѣтательность прежде, чѣмъ было сдѣлано это чудесное открытіе, которое при своемъ зарожденіи казалось всѣмъ дерзкой, безумной фантазіей, а затѣмъ, получивши полное осуществленіе, стало казаться „нашему вѣку" даже слишкомъ простымъ.

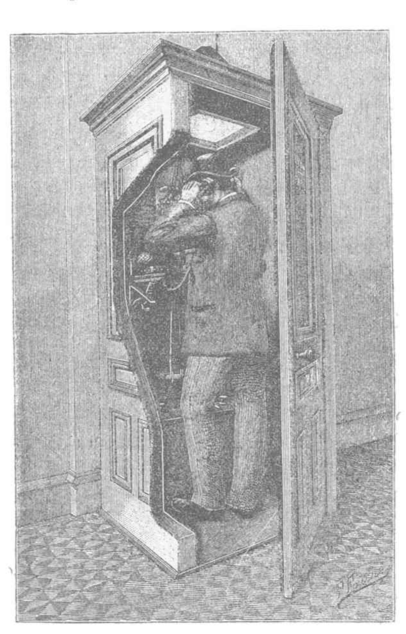
Давнымъ-давно люди должны были признать, что *обыкновенная* слышимость человѣческаго голоса не удовлетворяетъ житейскимъ потребностямъ. *Слышимость*

*) Объявленіе извѣщаетъ публику, что разговоръ можетъ длиться самое большое 10 минутъ, если другіе дожидаются очереди.

**) *Статистическій сборникъ министерства общественныхъ работъ* (Національная типографія 1889 г.) даетъ сравнительныя таблицы продолжительности сообщеній между отдаленными другъ отъ друга городами въ различныя эпохи.

Въ 17 столѣтіи, въ 1650 г., курьеру на переѣздъ изъ Парижа въ Марсель требовалось 15 дней (359 часовъ) (*фиг.* 38); въ 1782 г. тотъ же путь въ дилижансѣ совершался въ 17 дней (408 часовъ). „Легкая почта", введенная Конвентомъ въ 1793 г. и отходившая изъ Парижа ежедневно, шла днемъ и ночью и дѣлала въ среднемъ по 86 верстъ въ часъ; переѣздъ продолжался $8^1/_2$ сутокъ (108 часовъ). Наконецъ, съ 1840 г. до проведенія желѣзныхъ дорогъ, почтовыя кареты дѣлали отъ 12 до 15 верстъ въ часъ.

голоса или звука вообще есть наибольшее разстояніе, на какомъ ухо еще можетъ его воспринимать. Голосъ есть не что иное, какъ рядъ болѣе или менѣе многочисленныхъ, болѣе или менѣе быстрыхъ дрожаній голосовыхъ связокъ. При образованіи голоса гортань дѣйствуетъ на подобіе звучащей трубы съ язычкомъ (напр., гобоя или кларнета); воздушная струя, выходящая изъ легкихъ, раздвигаетъ голосовыя связки, открываетъ щель, находящуюся между ними; но благодаря своей упругусти, связки тотчасъ же снова сходятся между собой и такимъ образомъ закрываютъ голосовую щель, прерываютъ струю воздуха, которая, однако-же, вслѣдъ за тѣмъ опять раздвигаетъ связки и т. д. Такимъ образомъ голосовыя связки совершаютъ колебательное движеніе, дрожатъ, и это дрожаніе передается окружающему воздуху тѣмъ на большее разстояніе, т.-е. имѣетъ тѣмъ бо́льшую слышимость, чѣмъ оно сильнѣе. Какимъ образомъ распространяются въ воздухѣ эти колебанія?



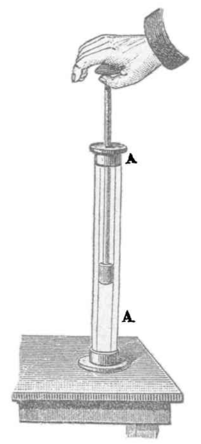
Фиг. 40.—Телефонъ изъ Марселя въ Парижъ: телефонный кабинетикъ на марсельской биржѣ.

Замѣтимъ сначала, что не всѣ тѣла способны производить и проводить звукъ, т.-е. не всѣ они *звукоспособны*. Лишь то тѣло звукоспособно, молекулы *) котораго обладаютъ способностью снова придти въ равновѣсіе, разъ онѣ выведены изъ этого равновѣсія, или покоя,—раздвинуты, разъединены какой-нибудь причиной, напр. ударомъ. Молекулы тѣла, которыя неизмѣримо меньше, нежели мельчайшія песчинки, едва видимыя подъ микроскопомъ, отдѣляются другъ отъ друга промежутками, или порами, въ которыхъ онѣ могутъ двигаться. Въ различнаго рода тѣлахъ молекулы связаны между собой не одинаково крѣпко: въ твердыхъ тѣлахъ онѣ разъединяются съ большимъ трудомъ, онѣ связаны тѣмъ, что называется силой *сцѣпленія*; въ жидкостяхъ онѣ скользятъ другъ по другу; въ глазахъ онѣ отталкиваются. Сила, подѣйствовавшая на какое-нибудь тѣло, измѣняетъ его форму, т.-е. сближаетъ между собой или удаляетъ другъ отъ друга его молекулы. Въ первомъ случаѣ, сближенныя молекулы занимаютъ меньшее противъ прежняго пространство: онѣ находятся въ состояніи сжатія или сгущенія; во второмъ случаѣ, молекулы, удаленныя другъ отъ друга, занимаютъ большее пространство: онѣ находятся въ состояніи расширенія или разрѣженія. Такія тѣла, молекулы которыхъ стремятся придти въ первоначальное положеніе, называются *упругими* тѣлами. Они тѣмъ болѣе упруги, чѣмъ скорѣе способны принять прежній видъ, разъ они предоставлены самимъ себѣ. Упругость **) есть, такимъ образомъ, существенное условіе звукоспособности, такъ

*) *Молекулой* называется мельчайшая частица вещества.

**) *Упругость, или эластичность*,—отъ греч. слова ἐλαστής (эластэсъ)—толкающій, двигающій.

какъ, лишь благодаря ей, возможны колебанія молекулъ, колебанія, производящія звукъ. Но для того, чтобы тѣло было звукоспособнымъ, необходимо, чтобы его упругость не была ни слишкомъ мала, ни чрезмѣрно велика. Такъ, каучукъ не звукоспособенъ, такъ какъ молекулы его слишкомъ быстро возвращаются въ состояніе равновѣсія. Между тѣлами наименѣе упругими, какъ влажная глина, и наиболѣе упругими, какъ каучукъ, есть цѣлый рядъ переходныхъ тѣлъ; наименьшей звукоспособностью отличаются именно эти крайнія тѣла. Наибольшая звукоспособность свойственна тѣламъ, занимающимъ среднее мѣсто въ этомъ ряду; кромѣ того, къ звукоспособнымъ тѣламъ относятся еще воздухъ и вообще газы, хотя они принадлежатъ къ очень упругимъ тѣламъ.

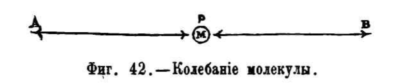


Фиг. 41.—Доказательство упругости воздуха.

Упругость воздуха можетъ быть доказана слѣдующимъ простымъ опытомъ. Возьмемъ стеклянную трубку съ очень толстыми стѣнками АА (*фиг.* 41) наглухо (герметически) закрытую на одномъ концѣ, и введемъ въ открытый ея конецъ поршень, обернутый кожей и потому плотно прилегающій къ стѣнкамъ трубки. Вдвигая поршень глубже, мы чувствуемъ сопротивленіе, растущее по мѣрѣ вталкиванія поршня; затѣмъ, отнимая руку отъ поршня, видимъ, что поршень выдвигается. Слѣдовательно, воздухъ—упругое тѣло, такъ какъ, будучи сжатъ, онъ смогъ занять свое прежнее положеніе, свой прежній объемъ. Поршень, какъ бы самъ собою выдвигающійся къ отверстію трубки, служитъ вѣрнымъ доказательствомъ упругости воздуха.

Молекулы упругаго тѣла, выведенныя изъ равновѣсія, возвращаются въ первоначальное положеніе не мгновенно; онѣ дѣлаютъ рядъ движеній впередъ и назадъ, рядъ колебательныхъ движеній, которыя производятъ звукъ и которыя мы уже умѣемъ записать на закопченномъ стеклѣ или на восковомъ фонографическомъ цилиндрѣ. Если первоначальный толчокъ, выведшій эти молекулы изъ состоянія покоя, не получаетъ дальнѣйшей поддержки, то размахъ колебанія все болѣе и болѣе уменьшается и, наконецъ, скоро уничтожается.

Для того, чтобы хорошо понять характеръ движенія этихъ молекулъ, прослѣдимъ движеніе одной изъ нихъ. Молекула М, выведенная изъ положенія равновѣсія Р (*фиг.* 42) и отклоненная въ А, стремится возвратиться въ Р, что она и дѣлаетъ—въ началѣ пути медленно, а затѣмъ все скорѣе и скорѣе. Но благодаря пріобрѣтенной скорости, молекула не останавливается въ положеніи своего равновѣсія, а переходитъ его. Это дѣлается въ силу закона *инерціи*, состоящаго въ томъ, что всякому тѣлу свойственно сохранять разъ пріобрѣтенное состояніе,—будетъ ли то состояніе покоя, или движенія; другими словами, молекула не можетъ остановиться сама собой, какъ не можетъ безъ посторонней причины придти въ движеніе. Поэтому молекула М продолжаетъ свое движеніе до В, затѣмъ опять возвращается въ положеніе равновѣсія Р, которое она, въ силу пріобрѣтенной скорости, снова переходитъ; это колебательное движеніе, подобное движенію маятника, молекула продолжаетъ до тѣхъ поръ, пока скорость ея не будетъ исчерпана—отчасти вслѣдствіе тренія о смежныя молекулы, отчасти вслѣдствіе передачи послѣднимъ нѣкоторой части своего движенія; тогда она, наконецъ, останавливается въ положеніи своего естественнаго равновѣсія Р.



Фиг. 42.—Колебаніе молекулы.

Если же, напротивъ, первоначальный толчокъ, данный молекулѣ, поддер-

живается, повторяется, продолжается, то колебанія молекулъ достигаютъ такого размаха, который преодолѣваетъ силу сцѣпленія, и тѣло ломается. Въ однихъ случаяхъ для преодолѣнія сцѣпленія между частицами требуется весьма значительная сила. Такъ, дрожанія частицъ металлическаго стержня, растягиваемаго грузомъ, достигаютъ размаха, преодолѣвающаго силу сцѣпленія, лишь при дѣйствіи груза въ нѣсколько тысячъ фунтовъ. Въ другихъ случаяхъ, та же цѣль достигается очень небольшимъ усиліемъ, что видно изъ слѣдующаго весьма простого опыта. Если стеклянный стержень натирать по направленію его длины кускомъ сукна, смоченнымъ въ подкисленной водѣ, то онъ разобьется на множество осколковъ, какъ бы срѣзанныхъ перпендикулярно къ его оси (*фиг.* 43). „Никогда не слѣдуетъ забывать,—говоритъ Віолль,—что слабое усиліе, будучи повторено много разъ (при томъ черезъ правильные промежутки времени), способно произвести такія нарушенія формы тѣла, какихъ не вызоветъ несравненно бóльшая сила, подѣйствовавшая только одинъ разъ.“— Подобно тренію, дѣйствуютъ и повторные удары. Такими мѣрными, періодическими ударами были разорваны желѣзные канаты Анжерскаго висячаго моста въ то время, когда по мосту проходилъ мѣрнымъ шагомъ эскадронъ солдатъ *).



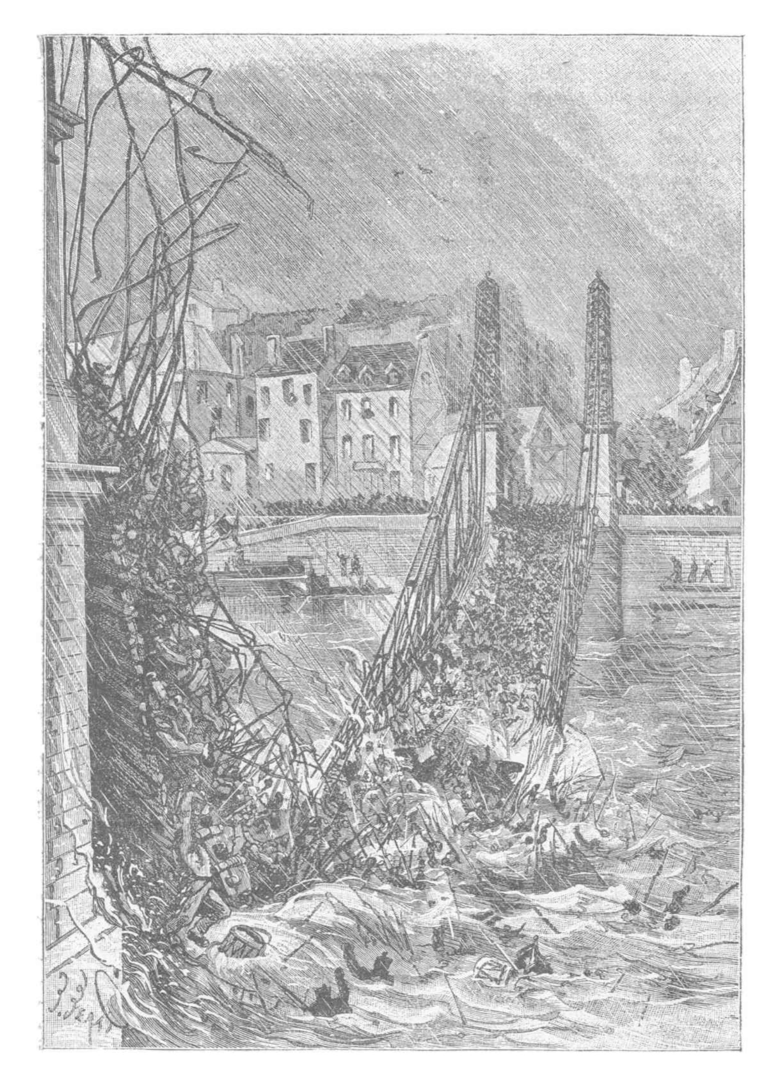
Фиг. 43.—Стеклянный стержень, разбитый колебаніями съ большимъ размахомъ.

Напомнимъ, что продолжительность движенія отъ A до B вмѣстѣ съ возвращеніемъ изъ B въ A есть *періодъ* колебанія; маятникъ, отбивающій секунды, употребляетъ секунду на движеніе впередъ и секунду на движеніе назадъ; періодъ колебанія этого маятника равенъ, слѣдовательно, двумъ секундамъ. Колеблющаяся молекула M передала часть своего колебанія сосѣднимъ частицамъ, которыя, придя въ колебаніе, въ свою очередь привели въ колебаніе слѣдующія молекулы.

Для уясненія себѣ способа распространенія этихъ колебаній, посмотримъ сначала, какъ распространяются колебанія на поверхности воды. *Волнами* называются движенія, возмущающія поверхность воды. Для того, чтобы понять подобныя движенія, станемъ наблюдать въ тихую, безвѣтренную погоду неподвижную зеркальную поверхность воды. Бросимъ въ какую-нибудь точку O этой поверхности камешекъ, каплю воды, вообще небольшой предметъ. Тотчасъ же образуются круговыя и подвижныя неровности на поверхности воды, центромъ которыхъ служитъ мѣсто паденія брошеннаго предмета. Это круговыя волны. „Это явленіе,—говоритъ Ламе **),—легко уяснить себѣ, замѣтивъ, что молекулы воды, внезапно опущенныя (падающимъ предметомъ) въ центрѣ сотрясенія, колеблются *вертикально* прежде, чѣмъ придти въ покой; это колебательное движеніе передается все дальше и дальше, во всѣ стороны съ одинаковой скоростью. Еслибъ можно было устроить такъ, чтобы точка O сдѣлала только одно колебаніе, то образовалась бы только одна круговая волна, которая при своемъ распространеніи

*) 16 апрѣля 1850 г. *Фиг. 44.*

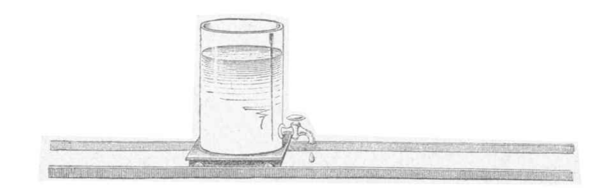
**) *Механическая теорія упругости твердыхъ тѣлъ*, Габріеля Ламе, французскаго геометра, родившагося въ 1795 г., умершаго въ 1870 г. Ламе былъ профессоромъ Политехнической школы и членомъ Института.

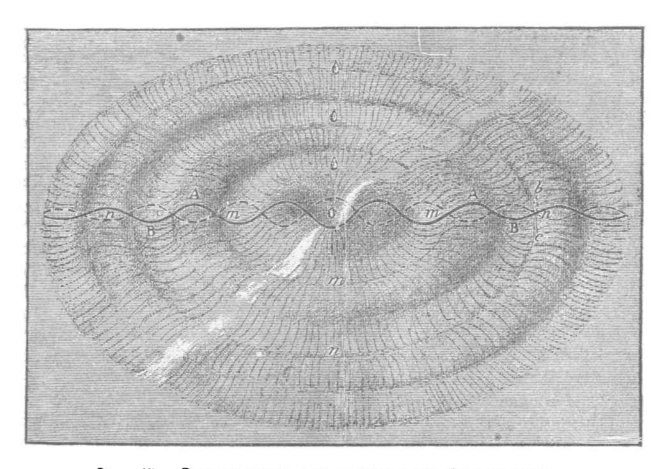


Фиг. 44.—Несчастіе съ Анжерскимъ висячимъ мостомъ (16 апрѣля 1850 г.).

получала бы все большій и большій радіусъ, но въ то же время уплощалась бы вслѣдствіе постепеннаго уменьшенія высоты, то-есть амплитуды, размаха колебанія.

Отдѣльной волны въ природѣ не существуетъ. Вообще паденіемъ небольшаго тяжелаго тѣла вызывается множество послѣдовательныхъ, съ все меньшимъ и меньшимъ размахомъ, колебаній въ центрѣ сотрясенія и, вслѣдствіе этого, множество круговыхъ волнъ, распространяющихся одна за другою. Если мы будемъ поддерживать центръ сотрясенія въ постоянномъ колебаніи, выпуская изъ крана цѣлый рядъ капель воды, равныхъ по объему и слѣдующихъ другъ за другомъ чрезъ одинаковые промежутки времени, то вся поверхность воды скоро покроется круговыми волнами. Въ теченіе половины того времени, какое употребляетъ



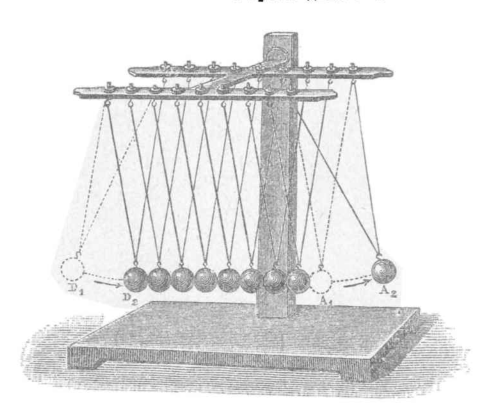


Фиг. 45.—Водяные круги: возвышенныя и углубленныя волны.

капля, чтобы замѣстить предыдущую, поднятіемъ воды въ мѣстѣ A образуется возвышенная волна. Въ теченіе слѣдующаго равнаго промежутка времени въ A образуется углубленіе, такой же формы, какъ возвышеніе, и имѣющее въ глубину столько же, сколько и въ вышину. Затѣмъ вода опять поднимается для того, чтобы вновь опуститься, и эти послѣдовательныя поднятія и опусканія воды продолжаются до тѣхъ поръ, покуда поддерживается колебаніе въ центрѣ сотрясенія. Возвышенная волна A вмѣстѣ съ послѣдующей углубленной волной B. (*фиг* 45) заключены между двумя окружностями *mm* и *nn*, радіусы которыхъ *om* и *on* разнятся на длину *mn*; эта разница, независимая отъ взятой (первой) волны A, называется *длиною волны*. Эта длина будетъ тѣмъ меньше, чѣмъ быстрѣе слѣдуютъ одна за другой капли, падающія въ O. Съ другой стороны, волны

тѣмъ больше выражены, тѣмъ сильнѣе, чѣмъ значительнѣе сотрясеніе въ О, т.-е. чѣмъ больше, напр., капли воды, вызывающія своимъ паденіемъ это сотрясеніе.

Нужно ли говорить, что молекулы воды, приведенной въ движеніе въ О не ушли съ своего мѣста, не унеслись къ берегамъ? Это доказывается простымъ наблюденіемъ. Всякій поплавокъ, соломинка, напр., принимаетъ участіе во всѣхъ движеніяхъ той жидкости, въ которую онъ погруженъ нѣкоторою своею частью; еслибы жидкость, при своемъ вольнообразномъ движеніи, унеслась, она увлекла бы съ собой и поплавокъ; но опытъ показываетъ, что поплавокъ остается на мѣстѣ и только періодически поднимается и опускается на томъ мѣстѣ, гдѣ находится; такимъ образомъ онъ весьма наглядно указываетъ на характеръ волнъ; своимъ поднятіемъ онъ указываетъ, что подъ нимъ образуется возвышенная волна,— опусканіемъ, что наступилъ моментъ, когда возвышенная волна смѣняется углубленной волной. Въ то же время движеніе поплавка ясно показываетъ, что молекулы перемѣщаются *вертикально*, т.-е. перпендикулярно къ уровню воды, на которомъ распространяются волны. Подобныя колебанія называются *поперечными*. Молекула n поднимается къ точкѣ b или опускается къ точкѣ c въ то время, какъ движеніе волны распространяется по направленію OB (*фиг.* 45). Если натянуть веревку въ направленіи OB и заставить ее издать извѣстный звукъ, то она приметъ совершенно такой же видъ, какой приняла поверхность воды въ этомъ направленіи. Именно она раздѣлится на нѣкоторое число равныхъ частей, причемъ сосѣднія части будутъ двигаться въ противоположныхъ направленіяхъ, — каждая будетъ попеременно подниматься и опускаться, выходя такимъ образомъ изъ того положенія OB, которое принимаетъ натянутая веревка, находящаяся въ покоѣ (*фиг.* 45). Эта передача движенія отъ одной частицы къ другой *безъ переноса вещества* есть фактъ большой важности. Какъ нельзя болѣе ясное объясненіе ему дано Гюйгенсомъ *). Опыты, позволившіе знаменитому физику построить свою прекрасную теорію свѣта, будутъ намъ весьма полезны въ дальнѣйшихъ главахъ. Эти опыты учатъ, какими средствами пользуется природа для распространенія какого-либо движенія чрезъ столь разнообразныя, видимыя и невидимыя среды и доведенія ощущенія до нашихъ различныхъ органовъ.

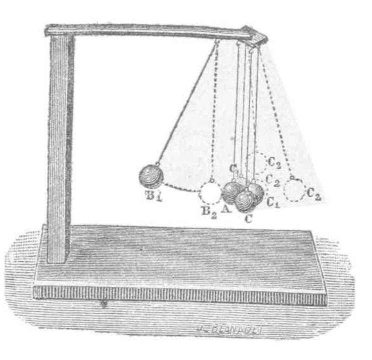


Фиг. 46.—Опытъ прямолинейной передачи движенія.

Въ *Ученіи о свѣтѣ*, написанномъ на французскомъ языкѣ и изданномъ во Франціи въ 1690 году, Христіанъ Гюйгенсъ говоритъ слѣдующее: „Требуется объяснить, какимъ образомъ твердыя тѣла передаютъ движенія одни другимъ. Если взять нѣсколько шаровъ, одинаковыхъ по величинѣ (*фиг.* 46) и сдѣланныхъ изъ очень твердаго матеріала, и расположить ихъ въ рядъ по прямой линіи такъ, чтобы они касались другъ друга, то найдемъ, что послѣ удара подобнымъ

*) Голландскій физикъ, геометръ и астрономъ, род. въ Гагѣ въ 1629 г., умеръ въ 1695 г., призванный во Францію Кольберомъ въ 1665 г., получилъ ежегодное содержаніе и помѣщеніе въ зданіи Королевской библіотеки; оставилъ Францію послѣ отмѣны Нантскаго эдикта.

же шаромъ D_1 о первый изъ этихъ шаровъ, движеніе какъ бы мгновенно передается послѣднему A_1, который отдѣляется отъ остальныхъ и отскакиваетъ въ A_2, причемъ остальные, повидимому, остаются на своихъ мѣстахъ и даже ударившій остается неподвижнымъ съ ними въ D_2. Здѣсь виденъ примѣръ передачи движенія съ чрезвычайно большой скоростью, которая тѣмъ больше, чѣмъ тверже шары. Это движеніе постепенное, и потому для его передачи требуется нѣкоторое время, ибо, еслибы движеніе (или, если угодно, наклонность къ движенію*) не прошло послѣдовательно черезъ всѣ эти шары, то оно одновременно сообщилось бы всѣмъ шарамъ, которые подвинулись бы, чего на самомъ дѣлѣ не происходитъ, такъ какъ лишь послѣдній оставляетъ весь рядъ и пріобрѣтаетъ скорость того шара, который былъ пущенъ первоначально. Всѣ тѣ тѣла, которыхъ мы считаемъ наиболѣе твердыми—закаленная сталь, стекло, агатъ, — обладаютъ свойствами пружины, сжимаемы въ нѣкоторой степени не только, когда имѣютъ видъ прута, но также въ шарообразной или другой формѣ (видно, что Гюйгенсъ, не употребляя термина *упругость*, говоритъ здѣсь именно объ этомъ свойствѣ тѣлъ, причины котораго, впрочемъ, онъ не зналъ, какъ не знаемъ и мы ея до сихъ поръ), т.-е. входятъ немного въ самихъ себя въ томъ мѣстѣ, гдѣ былъ произведенъ ударъ, но вслѣдъ затѣмъ снова принимаютъ прежнюю форму. Именно, я нашелъ, что послѣ удара стекляннымъ шаромъ въ кусокъ толстаго стекла съ плоской и слегка потускнѣвшей поверхностью (отъ дыханія, наприм.) на немъ остаются круглые отпечатки, большей или меньшей величины, смотря по тому, былъ ли ударъ силенъ или слабъ. Это указываетъ на то, что эти тѣла сжимаются при столкновеніи другъ съ другомъ и затѣмъ приходятъ въ прежній видъ, а для этого требуется время". — При этомъ нѣтъ надобности располагать шары по направленію прямой линіи.



Фиг. 47.—Передача движенія во всѣ стороны.

„Въ самомъ дѣлѣ, если шаръ A, касающійся нѣсколькихъ другихъ подобныхъ ему шаровъ $C_1C_1C_1$ (*фиг. 47*), получитъ ударъ другимъ шаромъ B_1, такъ что окажетъ давленіе на всѣ эти шары C_1, онъ передастъ имъ все свое движеніе, и они отойдутъ въ $C_2C_2C_2$, а самъ онъ послѣ этого останется въ покоѣ, какъ и шаръ B_1, который останавливается въ B_2".— Замѣтимъ, однако, что B_1 отскочилъ бы, т.-е. часть движенія отразилась бы, если бы шаръ B_1 былъ меньше остальныхъ шаровъ.

„Прибавимъ, что нѣсколько движеній, приходящихъ съ различныхъ, даже съ противоположныхъ сторонъ, могутъ сообщаться одной и той же молекулѣ не только въ томъ случаѣ, если она получаетъ удары, слѣдующіе другъ за другомъ, но даже и въ случаѣ одновременныхъ ударовъ, благодаря именно постепенности въ распространеніи движенія. Это можетъ быть доказано на вышеприведенномъ рядѣ одинаковыхъ твердыхъ шаровъ: если ударить крайніе шары одновременно съ двухъ противоположныхъ сторонъ двумя одинаковыми шарами, то увидимъ, что каждый изъ послѣднихъ отскочитъ съ тою же скоростью, съ какой былъ пущенъ, а весь рядъ останется въ покоѣ, несмотря на то, что движеніе прошло чрезъ всю его длину и притомъ по двумъ направленіямъ".

Этотъ примѣръ хорошо показываетъ, какимъ образомъ незначительныя

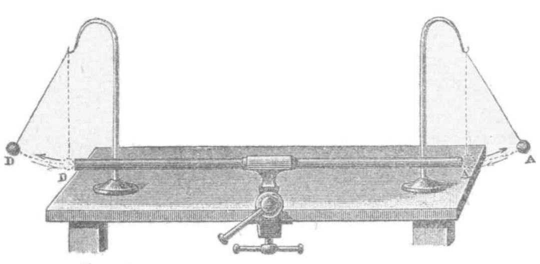
*) То, что теперь называется упругостью.

движенія могутъ встрѣчаться, перекрещиваться, не мѣшая другъ другу, какъ мы говорили въ предыдущей главѣ.

„И если эти противоположныя движенія встрѣчаются на одномъ шарѣ, послѣдній долженъ сжаться и затѣмъ принять прежнюю форму и такимъ образомъ одновременно передать оба эти движенія“.

Тѣ же опыты можно легко повторить, беря вмѣсто ряда шаровъ стержень. Фигура *48* представляетъ то явленіе, которое происходитъ вслѣдствіе одновременнаго удара двухъ шаровъ A и D о концы стержня. Шары обмѣниваются движеніями и возвращаются назадъ.

Было сказано, что измѣнившее свой видъ тѣло не мгновенно принимаетъ прежнюю форму, но предварительно сдѣлавъ нѣсколько колебаній. Эти колебанія, являющіяся возможными благодаря упругости тѣла, суть причина *звука*. Движенія эти могутъ быть переданы изъ одного мѣста въ другое чрезъ среду, подобную стержню, который, самъ не приходя въ замѣтное движеніе, позволяетъ шарамъ A и D обмѣняться движеніями.

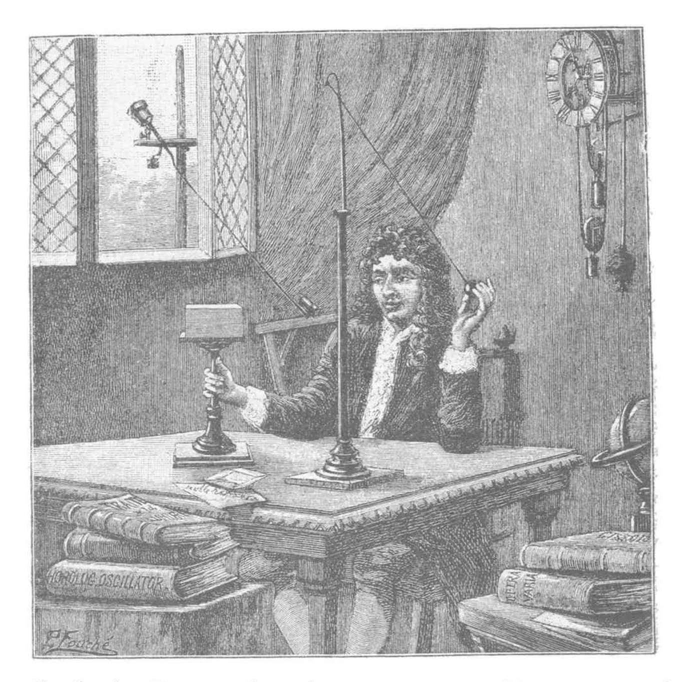


Фиг. 48.—Одновременный ударъ и обмѣнъ движеній.

„Мы знаемъ,—говоритъ Гюйгенсъ,—что звукъ посредствомъ воздуха распространяется во всѣ стороны изъ того мѣста, гдѣ онъ былъ произведенъ, причемъ движеніе послѣдовательно переходитъ изъ одной части воздуха въ другую (не унося каждой молекулы за предѣлы размаха ея колебанія); такъ какъ распространеніе этого движенія совершается съ одинаковой скоростью во всѣ стороны, то должны образоваться какъ бы шаровыя поверхности (гдѣ воздухъ попеременно сгущается и разрѣжается), которыя, все болѣе и болѣе увеличиваясь, доходятъ, наконецъ, до нашего уха. Я называю эти поверхности шаровыми, сферическими *волнами*, по нѣкоторому сходству ихъ съ тѣми волнами, какія образуются на поверхности воды, когда мы бросаемъ въ воду камень“.

„Легко понять, какъ происходитъ явленіе, называемое *звукомъ*, если замѣтить, что воздухъ можетъ быть сжатъ до гораздо меньшаго объема, нежели тотъ, какой онъ занимаетъ обыкновенно, и что по мѣрѣ того, какъ его сжимаютъ, онъ стремится расшириться; такъ что причина распространенія *звуковыхъ волнъ* есть именно то усиліе, какое дѣлаютъ сталкивающіяся молекулы воздуха для того, чтобы расшириться, когда онѣ претерпѣваютъ нѣкоторое сжатіе“.—Надо, однако, замѣтить, что движеніе молекулъ воздуха совершается въ одномъ направленіи съ распространеніемъ этого движенія; поэтому воздушныя колебанія называютъ *продольными*. Подобно тому, какъ вокругъ центра сотрясенія на какой нибудь жидкой поверхности мы видимъ рядъ круговыхъ волнъ, находящихся все на одномъ и томъ же мѣстѣ, но попеременно то поднимающихся надъ уровнемъ жидкости, то опускающихся ниже его, мы должны себѣ представить воздухъ, кругомъ звучащаго колольчика о (*фиг.* 50). Если на нѣкоторомъ протяженіи воздухъ, окружающій колокольчикъ и заключенный въ шарѣ радіуса *От*, находится въ состояніи сжатія или сгущенія, то слой воздуха, заключенный между шаровыми поверхностями радіусовъ *от* и *оп*, находится въ состояніи расширенія или разрѣженія; между шаровыми поверхностями *оп* и *ор* онъ находится въ состояніи сгущенія и такъ далѣе. Это состояніе длится половину того времени, какое употребляетъ колокольчихъ, чтобы сдѣлать одно полное колебаніе; другая поло-

вина соотвѣтствуетъ обратному состоянію: тамъ, гдѣ было сгущеніе воздуха, тамъ дѣлается разрѣженіе, и наоборотъ. Сжатіе въ шарѣ *от*, — сжатіе, которое есть начало всему тому, что происходитъ далѣе,—совершается въ то время, когда молекулы колокольчика, стремясь наружу, ударяютъ воздухъ; въ то время, когда молекулы возвращаются назадъ, происходитъ разрѣженіе, ибо для воздуха, окружающаго шарообразный колокольчикъ, открывается бо́льшее пространство. Длина *тр*, т.-е. длина расширеннаго слоя *тп* и сгущеннаго *пр* вмѣстѣ, есть *длина волны* звука, произведеннаго колокольчикомъ. Эта длина, представляющая собой



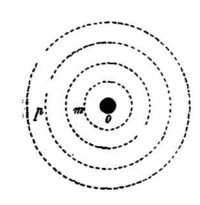
Фиг. 49.—Христіанъ Гюйгенсъ, наблюдающій „наклонность къ движенію", или упругость тѣлъ.

толщину слоя воздуха, пройденная звукомъ за время одного колебанія колокольчика, очевидно, тѣмъ короче, чѣмъ меньше продолжительность этого колебанія, т.-е. чѣмъ звукъ выше *). Сгущенныя волны сжимаютъ воздухъ, находящійся въ

*) Очень часто звукъ опредѣляютъ длиною его воздушной волны. Вычислимъ, чему равна длина волны у ноты la_3 въ воздухѣ, зная, что эта нота происходитъ отъ 435 колебаній въ секунду и что скорость распространенія звука въ воздухѣ равна 1115,5 фута въ секунду. Такъ какъ 435 колебаній длятся одну секунду, то одно колебаніе будетъ длиться только одну 435-ю часть секунды, и такъ какъ звукъ проходитъ 1115,5 фут. въ секунду, то въ теченіе одного колебанія онъ пройдетъ разстояніе въ 435 разъ меньшее, т.-е. $\frac{1115,5}{435} = 2,564$ фут. Слѣдовательно, длина волны у ноты la_3 равна 2,564 футамъ. Подобное же вычисленіе показываетъ, что длина волны у самаго низкаго звука (16 колебаній въ секунду) равна 69,719 фут., а длина волны у самаго высокаго звука (38,000 колебаній въ секунду) равна только 3,5 линіи.

слуховомъ проходѣ; расширенныя волны, въ свою очередь, уменьшаютъ количество этого воздуха; такъ что барабанная перепонка, оттолкнутая (сгущенной волной) и вслѣдъ за тѣмъ притянутая (расширенной волной) испытываетъ полное колебаніе. Такъ распространяется звукъ отъ звучащаго тѣла къ уху.

Колебанія способны не только двигать барабанную перепонку или упругую пластинку у фонографа,—перемѣщать ихъ на нѣсколько микроновъ (микронъ есть $^1/_{1000}$ миллиметра, т.-е. равенъ приблизительно 0,0004 линіи), но и приводить въ движеніе маленькія рабочія машинки. Слѣдовательно, дрожащій воздухъ есть рабочая сила и въ рукахъ физика онъ является, правда, въ меньшей степени, но такимъ же по качеству источникомъ энергіи, какъ вѣтеръ, надувающій парусъ корабля или вертящій крылья мельницы, и какъ паденіе воды, двигающее сильнѣйшія машины. До сихъ поръ слишкомъ мало занимались утилизаціей звуковыхъ колебаній. Между тѣмъ, мы замѣтили на Всемірной выставкѣ 1889 г. приборъ, который Эдиссонъ называетъ *мотофономъ* *). Мотофонъ (*фиг.* 51) можетъ утилизировать всѣ звуковыя волны. Когда говорятъ, поютъ или играютъ на инструментѣ предъ амбюшуромъ E, звуковыя колебанія ударяются о слюдовый кружокъ въ кольцевой оправѣ A. Къ этому кружку прикрѣплена металлическая горизонтальная ручка, загнутый конецъ которой прижимается къ зубчатому колесу Звуковыя колебанія, перемѣщая слюдовой кружокъ, приводятъ въ движеніе эту ручку, которая, въ свою очередь, вращаетъ зубчатое колесо вмѣстѣ съ насаженнымъ на ту же ось маховымъ колесомъ. Это движеніе помощью безконечнаго ремня S, обхватывающаго барабанъ (маленькое гладкое колесо), насаженый на ту же ось позади маховаго колеса R, можетъ быть сообщено маленькому инструменту, наприм. буравчику или пилѣ. Въ мотофонѣ, который былъ выставленъ въ машинной галлереѣ, звуковыми колебаніями вращался трехцвѣтный кружокъ D съ такой скоростью, что ощущенія трехъ цвѣтовъ уже не различались отдѣльно. Конечно, это не болѣе какъ попытка, и вопросъ едва намѣченъ, но безъ сомнѣнія, наступитъ время, когда звуковыя волны, гармонія которыхъ пока доставляетъ намъ только наслажденіе, превратятся вмѣстѣ съ тѣмъ въ источникъ рабочей силы для нашихъ машинъ **).



Фиг. 50.—Распространеніе колебаній въ воздухѣ.

---

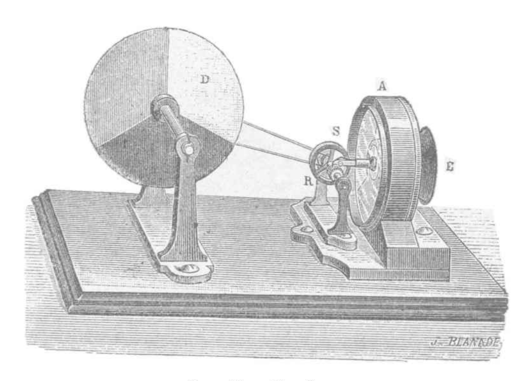
*) Мотофонъ,—отъ латинскаго слова movere (мовере)—двигать и греческаго—φωνή (голосъ, звукъ); т.-е. звуковой двигатель.

**) Къ прибору Эдиссона на выставкѣ было приложено слѣдующее объясненіе: „*Мотофонъ*, или голосовой двигатель. Этотъ приборъ показываетъ, что звуковыя колебанія обладаютъ значительной силой. Когда говорятъ надъ діафрагмой изъ слюды, трехцвѣтный кружокъ вращается. Эдиссонъ устроилъ небольшія сверла и пилы, приводимыя въ дѣйствіе этими звуковыми волнами; слѣдовательно, помощью слова можно просверлить дыру въ доскѣ".

Другой звуковой двигатель, надѣлавшій много шуму въ Соединенныхъ Штатахъ въ 1887—88 гг., былъ устроенъ Кили изъ Филадельфіи.

Золотая руда сразу поднялась въ цѣнѣ на биржахъ большихъ американскихъ городовъ. Пошла въ ходъ такая руда, которая давнымъ давно была брошена вслѣдствіе дороговизны обработки. Спекуляція охватила всѣ рудниковыя акціи. Случилось это вотъ по какому поводу. Нѣсколько капиталистовъ присутствовало въ извѣстной лабораторіи въ Филадельфіи при опытѣ раздробленія кварца новымъ способомъ. „Изобрѣтателю,—говоритъ Р. Гартъ (*Лотосъ*, № 18),—стоило только привести въ соприкосновеніе съ машинкой, которую онъ держалъ въ рукахъ, глыбу кварца, какъ послѣдняя мгновенно разсыпалась въ мельчайшую пыль, посреди которой тамъ и сямъ сверкали куски золота. „Г. Кили,—сказали присутствующіе,—если вы съумѣете такимъ же образомъ раздроблять кварцевыя горныя породы въ ихъ мѣсторожденіяхъ, мы дадимъ вамъ каждый по чеку на столько-то долларовъ (долларъ 2 рубля)". Отправились въ Кэтскильскія горы. Въ теченіе 18 минутъ былъ прорытъ туннель въ 18 футовъ длины и 4 фута ширины. Кили увезъ въ Филадельфію полученный гонораръ, а капиталисты принялись покупать всѣ брошенныя руды, лежавшія на пути отъ Нью-Іорка до Санъ-Франциско. Надежды не сбылись: дѣла на биржѣ пошли плохо".—„Кили,—пишетъ г-жа Б. Муръ въ газетѣ *Филадельфійскій Изслѣдователь* отъ 20 января 1888 г.,—обманутый въ своей надеждѣ исторгнуть у природы одну изъ наиболѣе ревниво оберегаемыхъ ею тайнъ, оставилъ свою

Мы сказали, что колебательное движенiе воды имѣетъ характеръ круговыхъ волнъ. Однако же не слѣдуетъ думать, что эти волны всегда и строго круговыя. При внимательномъ изслѣдованiи не трудно убѣдиться, что онѣ могутъ принимать самыя причудливыя формы: все зависитъ отъ формы предмета, ударяющаго въ воду, или, иначе, отъ взаимнаго расположенiя ударяемыхъ точекъ О. Если палка падаетъ на воду такимъ образомъ, что всѣ точки по ея длинѣ одновременно ударяютъ воду, то въ обѣ стороны отъ палки отходятъ прямолинейныя и параллельныя палкѣ волны, дугообразно соединяющiяся около крайнихъ точекъ палки; если бы однѣ эти крайнiя точки ударили воду, то на ней получились бы двѣ системы уже извѣстныхъ намъ круговыхъ, концентрическихъ волнъ. Въ томъ случаѣ, когда точки, лежащiя по длинѣ палки, достигаютъ поверхности воды не одновременно, а одни за другими, то прямолинейныя волны образуютъ между собой нѣкоторый уголъ. Тѣ же опыты можно произвести, выпуская изъ сосуда съ водой рядъ капель и передвигая при этомъ сосудъ сообразно преслѣдуемой цѣли. Такимъ образомъ можно получить множество центровъ сотрясенiя, какъ въ случаѣ палки.



Фиг. 51.—Мотофонъ.

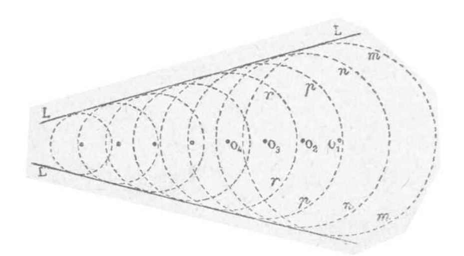
Гюйгенсъ показалъ, что въ каждомъ случаѣ можно предсказать, какова будетъ форма полученныхъ волнъ. Пусть сосудъ перемѣщается въ теченiе одной секунды, и за это время изъ него будетъ выпущено четыре капли $O_1O_2O_3O_4$ (*фиг.* 52). Если бы упала одна капля O_1 то получилась бы одна круговая волна, которая дошла бы до mm по прошествiи секунды. Одна O_2 дала бы за это время волну nn, O_3—волну pp, а O_4—волну rr. Всѣ эти круговыя волны, какъ видно на чертежѣ, имѣютъ общiя касательныя линiи LL. Впослѣдствiи мы увидимъ, какую выгоду съумѣлъ извлечь изъ этого наблюденiя Христiанъ Гюйгенсъ.

И воздушныя волны, подобно водянымъ, могутъ имѣть самыя различныя, самыя случайныя формы. Между прочимъ онѣ могутъ быть и шаровыми, какъ волны на поверхности воды—круговыми. Пояснимъ это примѣромъ. Возьмемъ рядъ равныхъ по объему колокольчиковъ, очень маленькихъ и одновременно звучащихъ (*фиг.* 53). Отдѣльно взятые, они дали бы волны, занимающiя положенiя ММ'М". Но сложная волна, образующаяся изъ всѣхъ подобныхъ первичныхъ, или

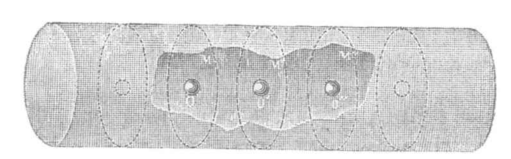
воздушную машину и вдобавокъ подвергся судебному преслѣдованiю со стороны акцiонерной Компанiи двигателя Кили. Тогда онъ уничтожилъ всѣ свои чудесныя модели и заявилъ, что, если онъ попадетъ въ тюрьму, то его преслѣдователямъ удастся воспользоваться—развѣ его трупомъ".

Двигатель Кили состоялъ, по Гартману, изъ полаго кольца, внутри котораго находилось нѣсколько другихъ металлическихъ колецъ, дававшихъ отголосокъ (резонаторовъ). По срединѣ лежало кольцо съ двумя рядами трубокъ постепенно возрастающихъ размѣровъ—на подобiе органныхъ, а въ центрѣ помѣщался вращающiйся кружокъ. Въ нижней части—небольшой полый шаръ, изъ котораго выходилъ проволочный проводникъ. Для приведенiя прибора въ дѣйствiе ударяли ногтемъ одинъ изъ камертоновъ, расположенныхъ снаружи. Въ этомъ приборѣ, который, въ сущности, былъ лишь оригинально устроеннымъ резонаторомъ, многочисленныя колебанiя развивали, какъ говорятъ, значительную силу, переходившую во вращательное движенiе кружка, благодаря тѣмъ препятствiямъ,—стѣнкамъ описанныхъ колецъ,—которыя они многократно встрѣчали на пути своего распространенiя.

элементарныхъ волнъ MM'M'', имѣетъ видъ цилиндрической поверхности, причемъ основаніями цилиндра служатъ отрѣзки шаровой поверхности. Стержень, котораго всѣ точки дрожали бы одновременно, точно также произвелъ бы цилиндрическія волны, съ основаніями, представляющими отрѣзки шаровой поверхности. Слѣдовательно, форма звуковыхъ волнъ зависитъ отъ формы звучащаго тѣла. Для лучшаго усвоенія этихъ мыслей допустимъ, что ротъ, которымъ производится и поддерживается звукъ, есть центръ шаровыхъ волнъ, распространяющихъ звукъ во всѣ стороны. Для того, чтобы сохранить силу звука въ опредѣленномъ направленіи, слѣдуетъ воспрепятствовать колебательнымъ движеніямъ разсѣяться по другимъ направленіямъ. Именно къ этой цѣли совершенно инстинктивно стремился человѣкъ, когда онъ для усиленія голоса сталъ складывать руки около рта въ видѣ трубки, образуя такимъ образомъ какъ бы продолженіе рта. Впослѣдствіи эта трубка, предназначенная для того, чтобы вѣрнѣе донести къ цѣли человѣческой голосъ, была усовершенствована и получила названіе говорной трубы, или рупора. *Рупоръ* есть коническая труба, имѣющая узкое отверстіе для рта и оканчивающаяся широкимъ воронкообразнымъ раструбомъ (павильонъ). Рупоры, употребляющіеся моряками, имѣютъ въ длину обыкновенно немного меньше сажени, а раструбъ вершковъ 7 въ діаметрѣ. Извѣстны рупоры, имѣющіе въ длину около 3 саженъ и передающіе голосъ на 3 версты. Черезъ хорошій рупоръ обыкновенныхъ размѣровъ можно передать только крикъ, но не членораздѣльную рѣчь.



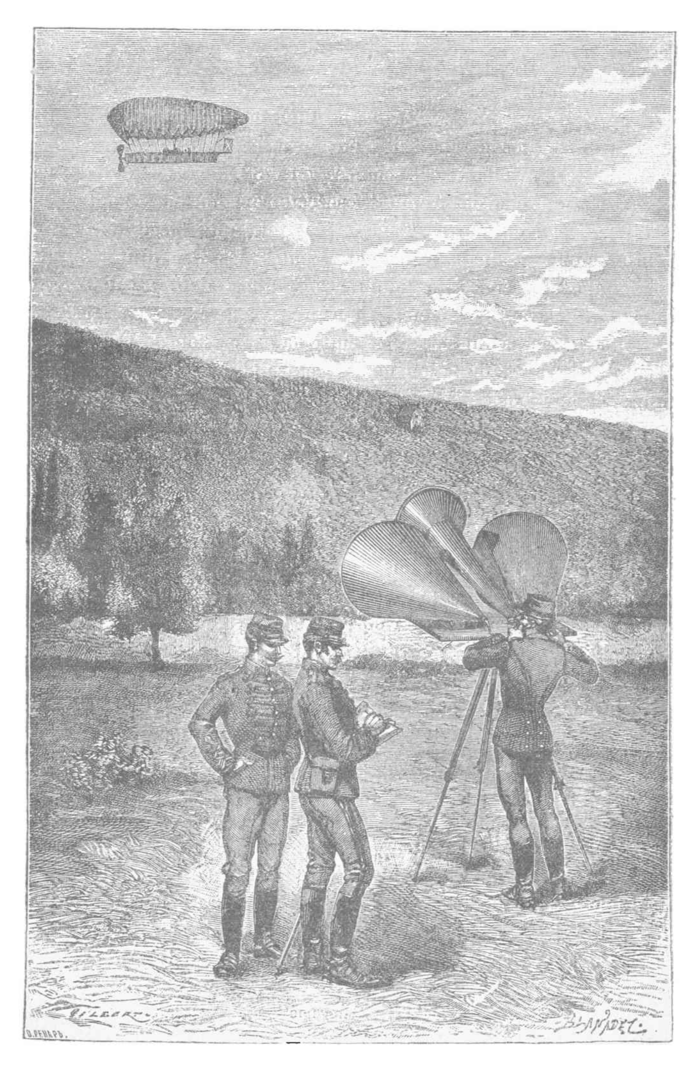
Фиг. 52.—Прямолинейная водяная волна.



Фиг. 53.—Цилиндрическая воздушная волна.

Какимъ образомъ относительно столь небольшой инструментъ даетъ возможность слышать голосъ на такомъ большомъ разстояніи? Прежде предполагали, что усиленіе звуковыхъ волнъ происходитъ благодаря отраженію ихъ отъ внутренней поверхности трубы, вслѣдствіе конической формы воздушнаго столба, изъ котораго исходитъ первое колебательное движеніе, и что слышимость звука въ извѣстномъ направленіи увеличивается въ ущербъ слышимости въ другихъ направленіяхъ. Это объясненіе представляется довольно вѣроятнымъ. Но строго говоря, удовлетворительнаго объясненія дѣйствія рупора еще не существуетъ.

Способъ усиленія звуковъ въ опредѣленномъ направленіи получилъ дальнѣйшее развитіе въ устройствѣ столь распространенныхъ теперь *слуховыхъ трубъ*. Теоретически разсуждая, голосъ посредствомъ трубъ могъ бы передаваться на весьма значительное разстояніе. Однако же, на практикѣ оказывается, что изъ слишкомъ длинной трубы звукъ выходитъ не особенно сильнымъ; это объясняется тѣмъ, что дрожащій воздухъ теряетъ на пути часть своего движенія вслѣдствіе тренія о стѣнки трубы. За то сочетаніе рупора со слуховой трубой (металлической или картонной воронкообразной трубки, узкій конецъ которой вставляется въ ухо) оказалось довольно сильнымъ инструментомъ, получив-



Фиг. 54.—Разговоръ посредствомъ мегафона съ воздухоплавателями на разстояніи почти четырехъ верстъ.

шимъ названіе *мегафона* *). *Мегафонъ* представляетъ собой жестяную трубу, имѣющую 2 арш. 13 вершковъ въ длину и $^3/_4$ вершка въ діаметрѣ и оканчивающуюся раструбомъ. По бокамъ рупора помѣщаются двѣ слуховыя трубы—воронки одной длины съ рупоромъ, съ выходными отверстіями, имѣющими около 10 вершковъ въ діаметрѣ. Узкіе концы воронокъ переходятъ въ маленькія каучуковыя трубочки. Желающій переговариваться съ лицомъ, находящимся вдали и вооруженнымъ слуховой трубой, направляетъ свой рупоръ въ сторону этого лица и выкрикиваетъ въ него что нужно, а отвѣтъ выслушиваетъ посредствомъ вставленныхъ въ уши упомянутыхъ каучуковыхъ трубочекъ. Такимъ способомъ можно было легко переговариваться съ воздухоплавателями на разстояніи 3, даже 4 верстъ (*фиг.* 54). Это наибольшая слышимость человѣческаго голоса въ воздухѣ.

Звукъ можетъ распространяться не въ одномъ только воздухѣ: онъ распространяется — съ различной скоростью — также въ различныхъ упругихъ средахъ.

Скорость звука въ воздухѣ была опредѣлена коммиссіей изъ членовъ академіи наукъ въ 1738 году. Для этой цѣли были избраны слѣдующіе пункты: Парижская обсерваторія, Монлери, Фонтенэ-о-Розъ и Монмартръ. Опытъ производился ночью. Послѣ того, какъ данъ былъ заранѣе условленный сигналъ, именно пущена была ракета съ Парижской обсерваторіи, чрезъ каждыя десять минутъ дѣлался пушечный выстрѣлъ на одной изъ станцій, причемъ разстоянія между станціями были точно измѣрены напередъ; на остальныхъ станціяхъ замѣчали время, проходившее отъ появленія свѣта, произведеннаго воспламенившимся порохомъ, до того мгновенія, когда слышенъ былъ звукъ. Принимая, что свѣтъ распространяется мгновенно, найдено было, что звукъ пробѣгаетъ 27 верстъ 87 саж. въ теченіе 1 мин. 25 сек. Слѣдовательно, скорость звука (т.-е. разстояніе, пробѣгаемое звукомъ въ 1 сек.) найдена была равной 159 саж., или 1113 фут.; температура во время опыта была 6°.—Въ 1822 году, по просьбѣ Лапласа **), эти опыты были повторены Араго, Прони, Александромъ Гумбольдтомъ, Гей-Люссакомъ и Буваромъ. Избранными станціями были Монлери и Вилльжюифъ, разстояніе между которыми равно 44,66 фут.; вмѣсто маятниковъ, отбивавшихъ секунды въ опытѣ 1738 г., были взяты превосходные хронометры. Скорость звука при температурѣ 16° была найдена равной 1118,4 фут.

Реньо ***) въ свои многочисленные опыты, производившіеся съ той же цѣлью въ періодъ отъ 1862 г. до 1866 г., внесъ очень важную поправку, заключавшуюся въ томъ, что время записывалось не наблюдателемъ, а автоматическимъ приборомъ. Такимъ путемъ были избѣгнуты ошибки, обыкновенно происходящія оттого, что ощущенія получаются наблюдателемъ не мгновенно. Реньо нашелъ, что скорость звука въ сухомъ воздухѣ и при температурѣ 0° равна 1034,6 фут. Если температура воздуха повышается на 1°, этому числу нужно прибавить 1,9 фут. Такимъ образомъ при температурѣ 16° скорость звука достигаетъ 1116,1 фут.

Скорость звука въ водѣ была вычислена Штурмомъ ****) и Колладономъ въ 1827 г. на Женевскомъ озерѣ, глубина и чистота котораго дѣлали его особенно пригоднымъ для этой цѣли. Съ лодки, закрѣпленной близъ Ролля (*фиг.* 55) Штурмъ спустилъ въ воду колоколъ. Все было устроено такимъ образомъ, что молотокъ какъ разъ въ моментъ удара по колоколу производилъ взрывъ небольшой кучки пороха. Появленіе свѣта въ это мгновеніе служило сигналомъ отхожденія звука.

*) Мегафонъ — отъ греч. слова μέγας (мегасъ) — большой и φωνή: приборъ, усиливающій голосъ.

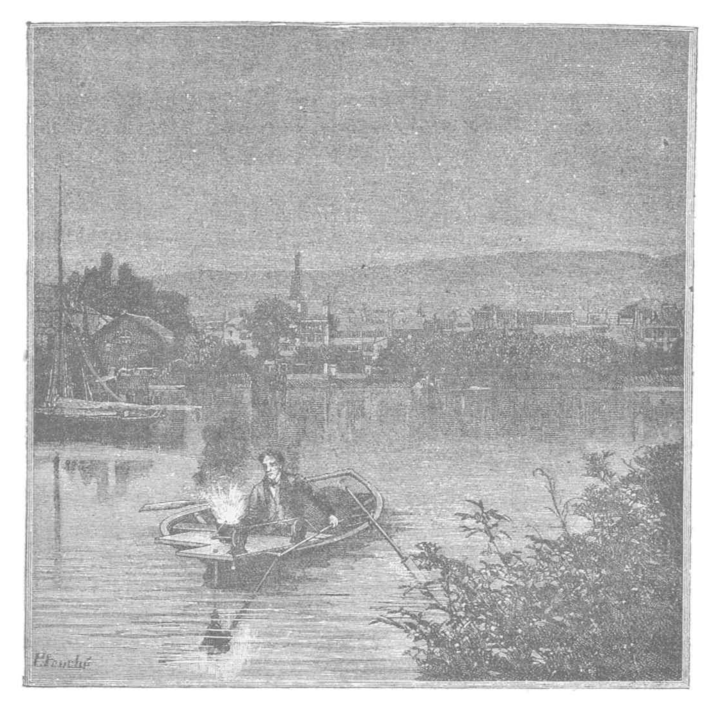
**) Маркизъ Лапласъ, французскій геометръ и астрономъ, авторъ *Небесной механики*, род. въ 1749 г., умеръ въ 1827 г.

***) Анри Викторъ Реньо, французскій физикъ, членъ академіи наукъ, род. въ 1810 г., умеръ въ 1878 г.

****) Штурмъ, французскій геометръ, родился въ 1803 г. въ Женевѣ, въ то время главномъ городѣ департамента Лемана, умеръ въ Парижѣ въ 1855 г. Совмѣстно со своимъ другомъ дѣтства Колладономъ онъ получилъ въ 1827 г. большую премію, предложенную академіей наукъ за лучшее сочиненіе о сжимаемости жидкостей; въ академіи наукъ замѣстилъ Ампера (1836 г.).

Колладонъ, также на лодкѣ, помѣстился въ 12 верст. 2036 фут. отъ перваго пункта—въ Тононѣ. Погрузивъ въ воду раструбъ своей слуховой трубы, онъ слушалъ удары молотка по колоколу и замѣчалъ число секундъ, проходившихъ между появленіемъ свѣта и тѣмъ мгновеніемъ, когда приходили звуки колокола. Скорость звука въ водѣ была найдена почти въ четыре раза большей, нежели въ воздухѣ, именно 4708 фут. при температурѣ 8⁰.

Зная скорость звука, легко опредѣлить разстояніе. Такъ, если громъ слышится черезъ 5 секундъ послѣ появленія молніи, то грозовое облако находится на разстояніи 1116,1 ф. $\times 5 = 5580,5$ фут.; если шумъ, возникшій на днѣ озера



Фиг. 55.—Опредѣленіе Штурмомъ скорости звука въ водѣ; станція Ролль (Женевское озеро.)

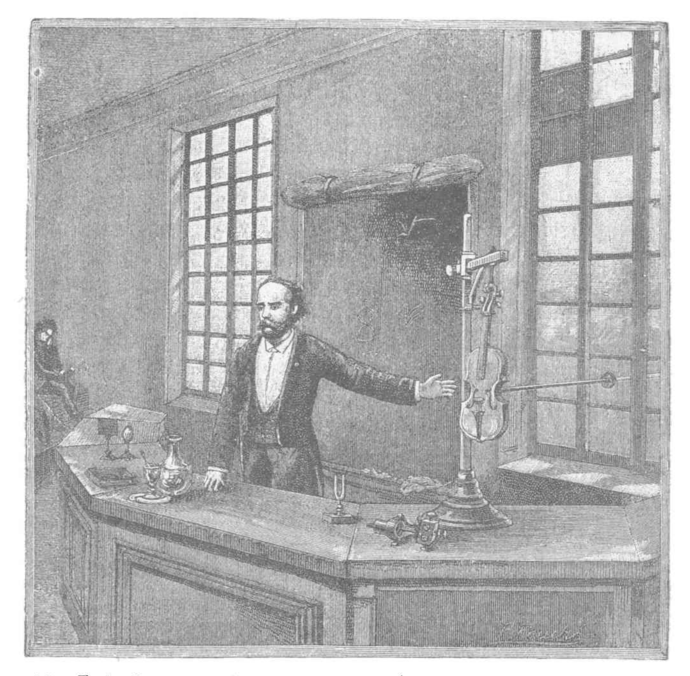
достигаетъ поверхности воды по прошествіи одной десятой доли секунды, то мы заключаемъ, что глубина озера равна 470,8 фут.

Скорость распространенія звука въ твердыхъ тѣлахъ зависитъ отъ упругости и плотности этихъ тѣлъ. Непрямымъ путемъ опредѣлено, что скорость звука въ мѣди равна 11703,4 фут., въ чугунѣ—14107,9 фут., въ стальной проволокѣ—15748,3 фут., въ желѣзѣ—16732,6 фут., въ стеклѣ—17060,7 фут. и въ еловомъ деревѣ—19685,4 фут.

Въ шестнадцатомъ вѣкѣ Фрэнсисъ Бэконъ, государственный канцлеръ Англіи, основатель опытнаго метода въ наукѣ, еще отрицалъ возможность распространенія звука въ твердыхъ тѣлахъ: онъ принималъ, что звукъ можетъ

распространяться не иначе, какъ при посредствѣ нѣкоторой гипотетической жидкости. Его соотечественникъ, Робертъ Гукъ, первый показалъ, посредствомъ длинной желѣзной проволоки, что металлы проводятъ звукъ лучше воздуха. Этотъ современникъ Ньютона писалъ въ 1667 г.:

„До сихъ поръ никто еще не занимался ни опредѣленіемъ наибольшей силы нашихъ вспомогательныхъ слуховыхъ средствъ, ни вопросомъ о томъ, при посредствѣ какихъ другихъ средъ, кромѣ воздуха, звукъ можетъ быть воспринятъ человѣческимъ ухомъ. Я утверждаю, что съ помощью вытянутой проволоки я передавалъ звукъ на значительное разстояніе, и притомъ со скоростью, если не равной скорости свѣта, то, во всякомъ случаѣ, несравненно болѣе значительной, нежели скорость звука въ воздухѣ. Для подобной передачи проволока, впрочемъ, не должна быть непремѣнно вытянута по прямой линіи—она можетъ быть согнута въ нѣсколькихъ мѣстахъ“.



Фиг. 56.—Проф. Липманъ (въ физической аудиторіи физико-математическаго факультета), демонстрирующій распространеніе звука въ твердыхъ тѣлахъ.

Сто пятьдесятъ лѣтъ спустя Уитстонъ *) сдѣлалъ подобный же опытъ, взявъ вмѣсто проволоки твердый прутъ.

Джонъ Тиндаль **) въ одномъ изъ своихъ чтеній въ Лондонскомъ Королевскомъ Обществѣ слѣдующимъ образомъ произвелъ и описалъ этотъ опытъ. „Въ

*) Чарльзъ Уитсонъ, англійскій физикъ, родился въ 1802 г., умеръ въ Парижѣ въ 1875 г.

**) Тиндаль, англійскій физикъ, родился въ 1820 г., членъ Лондонскаго Королевскаго Общества и профессоръ натуральной философіи (физики) въ Королевскомъ Институтѣ.

комнатѣ, находящейся въ первомъ этажѣ, на два этажа ниже нашего зала, стоитъ фортепіано; изъ этой комнаты черезъ два потолка протянута къ намъ жестяная труба, діаметромъ приблизительно въ 3 дюйма, по оси которой проходитъ длинный еловый прутъ, верхнимъ концомъ выходящій, какъ вы видите, изъ пола. Промежутокъ между прутомъ и стѣнками трубы выложенъ каучуковой массой; нижній конецъ прута помѣщается на фортепіанной декѣ. Въ настоящую минуту артистъ играетъ музыкальную пьесу, но вы не слышите ни единаго звука. Теперь кладу скрипку на конецъ прута: вы слышите, какъ скрипка передаетъ исполняемую внизу пьесу, но не дрожаніями своихъ струнъ, а звуками фортепіано. Снимаю скрипку,—музыка прекращается. Кладу на ея мѣсто гитару,—игра опять слышна. Снимаю гитару и кладу конецъ прута на деревянный столъ: теперь столъ въ свою очередь передаетъ всѣ звуки фортепіано. Наконецъ, поднимаю прутъ на столько, что онъ перестаетъ касаться фортепіано—и звукъ пропадаетъ. Необразованный человѣкъ непремѣнно предположилъ бы вмѣшательство нечистой силы въ этой столь чудесной передачѣ."

Въ своихъ лекціяхъ акустики на физико-математическомъ факультетѣ (въ Сорбоннѣ) проф. Липманъ производитъ тотъ же опытъ, беря вмѣсто фортепіано скрипку. Одна скрипка, находящаяся въ залѣ сборныхъ чтеній, опирается своей подставкой на деревянный прутъ, проведенный отсюда въ физическую аудиторію, гдѣ съ другимъ концомъ прута соприкасается своей нижней декой вторая скрипка (*фиг.* 56), воспроизводящая все, что играютъ на первой. Длина прута—около 38 фут.

Для подобныхъ опытовъ нѣтъ необходимости употреблять непремѣнно прутъ: передача многочисленныхъ и разнообразныхъ колебаній такъ же хорошо можетъ быть сдѣлана чрезъ простую, гибкую ненатянутую проволоку. Въ самомъ дѣлѣ, подложимъ подъ подставку скрипки (*фиг.* 72), какъ это дѣлали Корню и Меркадье, тоненькую латунную пластинку, прикрѣпленную къ одному концу длинной металлической проволоки, свободно подвѣшанной на прутьяхъ при помощи резиновыхъ колечекъ; другой конецъ проволоки припаянъ къ маленькой трехугольной мѣдной пластинкѣ, укрѣпленной въ зажимѣ; соединенная съ этой пластинкой бородка пера прижимается къ вращающемуся барабану. Во время игры на скрипкѣ ясно видно, что бородка пера записываетъ на барабанѣ всѣ дрожанія струнъ скрипки, причемъ проводящая проволока остается совершенно неподвижной.

На томъ же началѣ основанъ *игрушечный телефонъ*, приборъ, состоящій изъ двухъ цилиндрическихъ коробочекъ — картонныхъ или металлическихъ—и соединительнаго шнурка (шелковаго или бумажнаго). Если натянуть шнурокъ между двумя пунктами и говорить, даже въ полголоса, въ одну изъ коробочекъ, то слова ясно слышны лицу, приложившему къ уху другую коробочку, въ другомъ пунктѣ. Дно коробочки, т.-е. дрожащая пластинка можетъ быть деревянная или металлическая. При наивыгоднѣйшихъ для прибора условіяхъ, Гевисайдъ и Никсонъ переговаривались такимъ образомъ, находясь въ разстояніи 640 фут. другъ отъ друга. а Гёнтли, пользуясь весьма тонкими желѣзными пластинками и уединяя шнурокъ на стеклянныхъ подставкахъ, могъ передавать рѣчь на 2560 фут. Это—наибольшее разстояніе, на какое можно передать звукъ обыкновенными акустическими средствами—черезъ нить или прутъ.

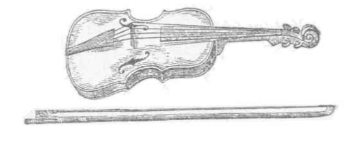
Нѣтъ нужды объяснять, какъ недостаточно подобными акустическими приспособленіями удовлетворялись бы потребности современнаго человѣка, еслибы изобрѣтеніе *телефона*, этого чуда прогресса въ области физики, не дало намъ въ руки могущественнаго средства, преодолѣвающаго всякія преграды между людьми, дѣлающаго безразличнымъ всякое разстояніе между ними.

Но въ этомъ снарядѣ дѣло идетъ уже не о простомъ распространеніи звука чрезъ тотъ или другой проводникъ звука. Передача и точное воспроизведеніе звуковыхъ колебаній на большомъ разстояніи совершаются здѣсь, благодаря особенностямъ иной, совершенно неощутимой среды. Возможность для парижанина

слышать отвѣты своего марсельскаго пріятеля въ тотъ самый моментъ, когда послѣдній даетъ ихъ, очевидно мало вяжется съ тѣми явленіями, которыя мы изучали до сихъ поръ. Этой моментальной, мгновенной передачи словъ, конечно, не могло бы быть, еслибы колебанія голоса передавались колебаніями соединительной проволоки между Парижемъ и Марселемъ. Такъ какъ въ такомъ проводникѣ звукъ пробѣгаетъ около 4 верстъ въ секунду, то разстояніе въ 1667 верстъ *) онъ прошелъ бы въ 444 сек., другими словами: парижанинъ могъ бы услышать отвѣтъ своего пріятеля лишь 7 мин. 24 сек. спустя послѣ вопроса **).

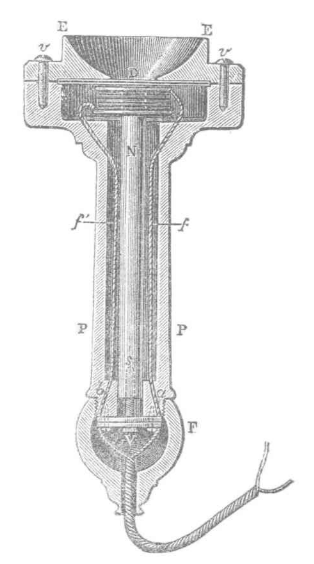
Можно различать два вида телефоновъ: *телефоны съ магнитами*, или магнитные — и *телефоны съ элементами*, или электрическіе. Сначала мы займемся первыми.

Теоретическое объясненіе телефона,— прибора, получившаго въ такое короткое время столь быстрое распространеніе, сдѣлавшагося необходимостью для современнаго человѣка, — представляетъ высокій интересъ. Думаемъ, что, несмотря на всю сложность этого объясненія, намъ удалось изложить его ясно и удобопонятно.



*) Длина телефонной проволоки, соединяющей Парижъ съ Марселемъ равна 833,58 верстъ.

**) Если бы голосъ могъ передаваться на такое разстояніе черезъ воздухъ, то для прохожденія изъ Парижа въ Марсель и обратно ему потребовалось бы 84 мин., или 1 ч. 24 мин. (такъ какъ скорость звука, какъ намъ извѣстно, равна 1116 фут.).



Фиг. 58.—Магнитный телефонъ Грэгэма Белля.

Глава III.

Телефоны съ магнитами.

Телефонъ съ магнитомъ, или магнитный телефонъ, изобрѣтенный Грэгэмомъ Беллемъ *), имѣетъ весьма несложное устройство.

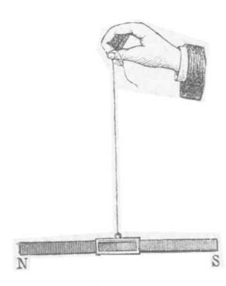
Важнѣйшую часть прибора составляетъ прямой намагниченный стержень N, расположенный по оси деревяннаго или эбонитоваго футляра. Вокругъ конца N, на деревянной катушкѣ, намотана тонкая проволока, покрытая гуттаперчей и шелкомъ. Концы этой проволоки спускаются вдоль магнита (*ff'*, ниже— *a*, *b*) до нижняго отверстія въ футлярѣ, откуда выходятъ уже скрученные вмѣстѣ.

*) Описываемъ здѣсь повсюду теперь распространенный телефонъ Белля. Въ немъ, какъ увидимъ сейчасъ, передаточная и пріемная части устроены совершенно одинаково. Разработка и усовершенствованіе этой системы потребовала у изобрѣтателя не мало труда и времени. Вотъ что сказалъ сэръ Вильямъ Томсонъ въ британской Ассоціаціи для развитія наукъ о первомъ телефонѣ Белля, экспонированномъ на выставкѣ въ Филадельфіи въ 1876 г.:

„Я слышалъ чрезъ телеграфную проволоку членораздѣльные звуки, причемъ электрическая передача даже еще болѣе подчеркивала и безъ того довольно смѣшныя односложныя слова; проволока прочитала мнѣ также нѣсколько взятыхъ на-удачу отрывковъ изъ нью-іоркскихъ газетъ... Все это весьма отчетливо произносилось тоненькой круглой пластинкой, находившейся вблизи электромагнита. Эти слова громко и ясно говорилъ мой другъ, проф. Уатсонъ, на другомъ концѣ линіи предъ натянутой перепонкой, снабженной маленькимъ кусочкомъ мягкаго желѣза, которая совершала вблизи электромагнита, соединеннаго съ проволокой, движенія, вполнѣ соотвѣтствовавшія звуковымъ колебаніямъ воздуха. Это открытіе, которое можно назвать чудомъ изъ чудесъ, сдѣлано молодымъ нашимъ соотечественникомъ, Грэгэмомъ Беллемъ, родомъ изъ Эдинбурга, а нынѣ гражданиномъ Соединенныхъ Штатовъ. Надо только удивляться смѣлости этого изобрѣтенія, столь простыми средствами осуществившаго сложное дѣло воспроизведенія путемъ электричества всѣхъ тонкостей человѣческой рѣчи: для этого требовалось найти способъ измѣнять силу тока строго пропорціонально измѣненіямъ произносимыхъ звуковъ“.

Въ своемъ докладѣ, читанномъ въ лондонскомъ Обществѣ телеграфныхъ инженеровъ, 31 октября 1877 г., Грэгэмъ Белль подробно изложилъ ходъ своихъ изысканій. Въ началѣ своихъ занятій акустикой онъ работалъ съ фонавтографомъ Скотта, употребляя весьма чувствительную записы-

На небольшомъ разстояніи предъ магнитомъ, между расширеннымъ концомъ футляра PP и воронкообразнымъ амбушюромъ EE зажата по окружности тоненькая пластинка (толщина ея не превышаетъ $^1/_{10}$ линіи) изъ почти чистаго (безъ углерода), или мягкаго желѣза; степень зажатія пластинки регулируется помощью винтовъ *v*. Наконецъ, для удаленія или приближенія къ пластинкѣ намагниченнаго стержня на какое угодно малое разстояніе служитъ винтъ *Vs*, особенно важный для строителя телефона.



Фиг. 59.—Оріентированіе намагниченной полоски.

Поразительное дѣйствіе этого небольшого снаряда станетъ намъ понятнымъ только послѣ разсмотрѣнія отдѣльныхъ его частей.

Магнитъ мы разсмотримъ здѣсь лишь постольку, поскольку онъ играетъ роль въ телефоніи, откладывая подробное изученіе его свойствъ и примѣненій до главы о магнитизмѣ.

Замѣтимъ, что естественный магнитъ есть желѣзная руда (магнитный желѣзнякъ), а искусственный магнитъ — кусокъ закаленной стали, которому извѣстнымъ способомъ, ниже нами указываемымъ, сообщены свойства естественнаго магнита. Вообще этому куску стали придаютъ форму бруска, подковы или очень вытянутаго ромба, называемаго *магнитной стрѣлкой*. Естественные магниты, вслѣдствіе многихъ присущихъ имъ недостатковъ, — между прочимъ — неправильности, а также слабаго своего дѣйствія, не употребляются ни въ телефонахъ, ни въ нижеописываемыхъ опытахъ.

Возьмемъ прямой магнитъ и подвѣсимъ его за середину на некрученой нити (кокононой, напр.) (*фиг.* 59). Въ какое бы положеніе мы ни привели его, онъ, лишь только будетъ предоставленъ самому себѣ, послѣ нѣсколькихъ колебаній непремѣнно приметъ такое положеніе, что одинъ его конецъ—и притомъ всегда одинъ

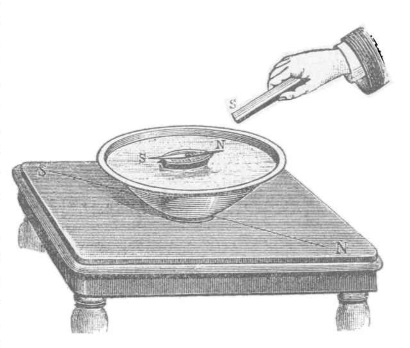
вающую часть. Затѣмъ попытался усовершенствовать фонавтографъ, т.-е. устроить болѣе совершенное подражаніе человѣческому уху, что ему и удалось. „Въ этомъ аппаратѣ, — говоритъ Белль,— мнѣ особенно бросилась въ глаза значительная несоразмѣрность въ величинѣ и массѣ между перепонкой и приводимыми ею въ движеніе косточками; это внушило мнѣ мысль замѣнить всѣ сложныя приспособленія, которыя я устраивалъ, простою перепонкою съ прикрѣпленнымъ къ ней желѣзнымъ якоремъ.

„Помѣстивъ на шарнирѣ вблизи электромагнита и въ соединеніи съ нимъ желѣзный якорь, соединенный посредствомъ стерженька съ перепонкой, я разсчитывалъ колебаніями послѣдней вызвать рядъ колебательныхъ наведенныхъ токовъ, которые, дѣйствуя на другой подобный электромагнитъ, помѣщенный на нѣкоторомъ разстояніи отъ перваго, заставили бы его якорь воспроизвести движенія перваго якоря, а черезъ это, вторую перепонку колебаться совершенно такъ, какъ колеблется первая. Однако, такимъ путемъ я не могъ получить удовлетворительныхъ результатовъ; необходимо было предпринять рядъ дальнѣйшихъ работъ, въ которыхъ я старался, насколько возможно, уменьшить объемъ и вѣсъ якоря, который я подъ конецъ сталъ приготовлять изъ часовой пружинки размѣрами не больше ногтя большого пальца моей руки. Тутъ я уже не сочленялъ якоря съ электромагнитомъ, а прикрѣплялъ его къ центру перепонки. Благодаря этимъ измѣненіямъ, намъ (мнѣ съ моимъ другомъ Томасомъ Уатсономъ) удавалось производить такія телефонныя передачи, которыя показывали, что мы находимся на истинномъ пути. Вспоминаю одинъ опытъ съ этимъ телефономъ, тогда восхитившій меня. Я съ однимъ приборомъ помѣстился въ одной изъ университетскихъ аудиторій, въ Бостонѣ, а одинъ изъ моихъ учениковъ находился съ другимъ въ нижней части сосѣдняго зданія. Радость моя не знала предѣловъ, когда, спросивъ ученика: „понимаете ли вы, что я говорю?“— я тотчасъ же услышалъ въ отвѣтъ черезъ телефонъ: „да, я васъ отлично понимаю“. Конечно, членораздѣльность въ произношеніи словъ была въ то время весьма несовершенна, и мнѣ стоило величайшаго труда разобрать этотъ отвѣтъ, но эта членораздѣльность несомнѣнно существовала, и я могъ думать, что несовершенство ея зависитъ единственно отъ несовершенства самаго аппарата“.

Не вдаваясь въ подробный разборъ всѣхъ улучшеній, постепенно сдѣланныхъ Грэгэмомъ Беллемъ въ своемъ приборѣ, замѣтимъ только, что въ концѣ-концовъ онъ пришелъ къ убѣжденію, что токъ, проходящій въ катушкѣ электромагнита, служитъ единственно къ намагниченію послѣдняго, и потому рѣшился обойтись безъ электрическаго тока и въ качествѣ ядра пользоваться постояннымъ магнитомъ.

и тотъ же — будетъ обращенъ къ сѣверу, а другой къ югу. Тотъ конецъ магнита, который стремится къ сѣверу, мы называемъ *сѣвернымъ полюсомъ*, а другой,—стремящійся къ югу, — *южнымъ полюсомъ*. Означимъ полюсы нашего магнита буквами N (Nord, сѣверъ) и S (Sud, югъ). Теперь повторимъ тотъ же опытъ съ другимъ магнитомъ и означимъ полюсы его тѣми же буквами N и S. *).

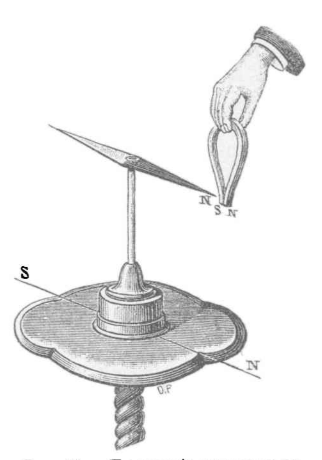
Кромѣ этого постояннаго, такъ сказать, неизбѣжнаго направленія, которое принимаетъ магнитъ, нужно отмѣтить слѣдующее любопытное явленіе: если къ одному изъ этихъ магнитовъ поднесемъ другой, то магниты оттолкнутся, если обращены другъ къ другу одноименными полюсами (сѣверными или южными), и протянутся, если обращены другъ къ другу разноименными полюсами (сѣверный полюсъ одного къ южному полюсу другаго). Приближая южный полюсъ одного магнита къ сѣверному полюсу другого, положеннаго, напр. на поплавкѣ *(фиг. 60)*, видимъ, что плавающій магнитъ отклоняется отъ своего нормальнаго положенія NS, обозначеннаго діагональю на столѣ. Если приблизить магнитъ къ магнитной стрѣлкѣ такъ, чтобы одинъ изъ полюсовъ послѣдней былъ равно удаленъ отъ обоихъ полюсовъ магнита, то стрѣлка останется въ покоѣ, вслѣдствіе того, что притяженіе стрѣлки однимъ и отталкиваніе ея другимъ полюсомъ магнита взаимно уничтожатся *(фиг. 61)*, такъ какъ притягательная сила одного полюса равна отталкивательной силѣ другого.



Фиг. 60.—Разноименные полюсы притягиваются.

Теперь возьмемъ магнитъ въ одну руку, а другою будемъ просѣивать чрезъ сито опилки вблизи, напр., сѣвернаго полюса магнита. Вмѣсто того, чтобы падать на столъ, опилки устремляются въ полюсу, словно ихъ увлекаетъ туда чью-то невидимая рука, и пристаютъ къ нему, располагаясь при этомъ правильнымъ образомъ— въ видѣ кисти *(фиг. 62)*. То же явленіе повторяется и съ южнымъ полюсомъ.

Для того, чтобы еще лучше познакомиться съ дѣйствіемъ магнита, положимъ надъ нимъ листъ тонкаго картона и будемъ его равномѣрно осыпать желѣзными опилками. При этомъ опилки располажатся около магнита въ формѣ очень тонкихъ линій—погуще въ однихъ и порѣже въ другихъ мѣстахъ *(фиг 63)*. Для полученія правильнаго рисунка, полезно слегка постукивать по картону, съ цѣлью привести въ движеніе желѣзныя крупинки, изъять ихъ отъ

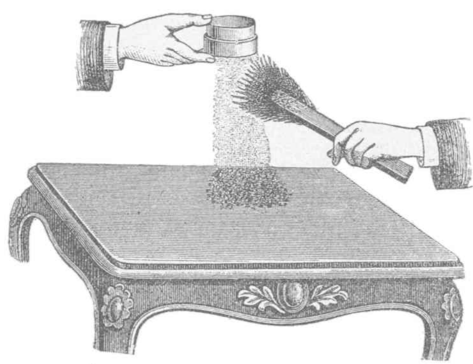


Фиг. 61.—Притяженіе уничтожается отталкиваніемъ.

*) Полюсъ—отъ греч. πωλεῖν (полейнъ)—вращаться. Полюсами называютъ концы линіи, вокругъ которой заставляютъ вращаться какой-нибудь шаръ.

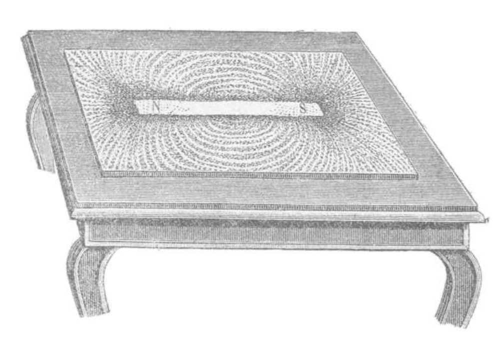
собственной тяжести и тѣмъ усилить вліяніе магнита надъ ними. Рисунокъ образованный опилками на картонѣ, называется *магнитнымъ спектромъ*.

Эти опыты показываютъ, что магнитъ сообщаетъ окружающему его пространству, на нѣкоторомъ протяженіи, особенную дѣятельную силу, другими словами—что магнитъ обладаетъ способностью вызывать движенія на разстояніи безъ посредства какого-либо видимаго проводника. То пространство въ окружности магнита, на которомъ послѣдній обнаруживаетъ свое дѣйствіе, получило названіе *магнитнаго поля*. Декартъ называлъ это пространство „атмосферой магнитнаго вихря."



Фиг. 62.—Желѣзныя опилки и магнитъ.

Фарадей *) называетъ „линіями силы магнитнаго поля" (силовыми линіями) тѣ линіи, по которымъ собираются, оріентируются крупинки опилокъ; наибольшая сила магнитнаго поля сосредоточена тамъ, гдѣ эти линіи расположены гуще всего; наоборотъ, гдѣ ихъ мало, тамъ поле магнита оказывается весьма слабымъ. Принято говорить, что линіи силы выходятъ изъ сѣверной половины магнита и оканчиваются въ южной. На рисункѣ это направленіе указано стрѣлками (*фиг.* 64).



Фиг. 63.—Магнитный спектръ.

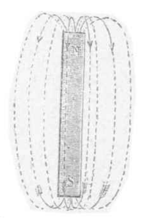
Желѣзныя опилки совершенно такъ же расположились бы на листѣ картона и въ томъ случаѣ, еслибы послѣдній былъ помѣщенъ около магнита не въ горизонтальной, а въ какой-либо иной плоскости (при этомъ не принимается во вниманіе та разница въ расположеніи опилокъ, которая произойдетъ вслѣдствіе собственной тяжести послѣднихъ, обусловливающей соскальзываніе ихъ): это значитъ, что поле магнитной силы симметрично вокругъ магнита.

Мы можемъ безъ всякаго ущерба для истины отвлечься отъ магнита и имѣть въ виду только магнитное поле—пространство, наполненное гипотетической средой—эфиромъ, частицы котораго находятся въ движеніи извѣстнаго рода,—движеніи, обусловливающемъ уже извѣстныя намъ линіи силы; число и видъ

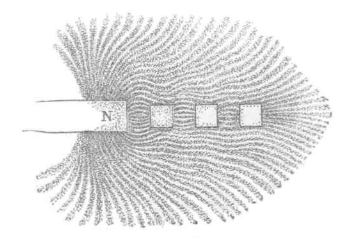
*) Майкель Фарадей, англійскій физикъ и химикъ, сынъ кузнеца; род. въ 1791 г., умеръ 1867 г.; прославился своими трудами въ области магнитизма и электричества.

этихъ линій въ нѣкоторой мѣрѣ наглядно изображаются намъ расположеніемъ желѣзныхъ опилокъ.

Причину, опредѣляющую существованіе магнитнаго поля мы будемъ изучать впослѣдствіи; въ настоящей же главѣ намъ необходимо ознакомиться только съ основными свойствами его. Прежде всего, весьма замѣчательно то, что полоска изъ мягкаго желѣза, не оказывавшая ни малѣйшаго дѣйствія на желѣзныя опилки, становится настоящимъ магнитомъ, лишь только мы помѣстимъ ее въ магнитное поле: желѣзныя опилки тотчасъ же пристаютъ къ ея концамъ въ формѣ кистей. Кладя брусокъ изъ мягкаго желѣза подъ листъ картона, находящійся надъ магнитомъ въ опытѣ магнитнаго спектра, мы убѣждаемся, что форма спектра нарушается: около желѣзнаго бруска мгновенно располагается множество линій силы, которыя какъ будто притягиваются имъ. (На фигурѣ 65 представлено явленіе, вызванное помѣщеніемъ трехъ желѣзныхъ брусковъ подъ листъ картона на продолженіи магнита). Испытывая желѣзный брусокъ магнитной стрѣлкой, положеніе полюсовъ которой извѣстно, и наблюдая въ то же время направленіе линій силы (какъ сказано, онѣ выходятъ у сѣвернаго полюса магнита), не трудно убѣдиться, что онѣ и въ желѣзныхъ брускахъ исходятъ изъ области сѣвернаго полюса и оканчиваются въ области южнаго полюса. Характеръ измѣненій въ распредѣленіи силовыхъ линій подъ вліяніемъ куска мягкаго желѣза, введеннаго въ магнитное поле, зависитъ отъ формы и положенія этого куска. Если вмѣсто полоски взять чрезвычайно тонкую круглую пластинку, то видъ спектра не измѣнится; силовыя линіи легко пройдутъ сквозь пластинку (*фиг.* 66), причемъ поверхность входа ихъ въ нее окажется поверхностью южнаго, а поверхность выхода поверхностью сѣвернаго полюса. Пластинка подъ вліяніемъ магнитнаго поля, намагнитилась, какъ говорятъ, поперечно, т. е. по направленію своей толщины. Въ томъ случаѣ, когда толщина пластинки достигаетъ нѣсколькихъ десятыхъ миллиметра, силовыя линіи входятъ въ центральную ея часть и выходятъ изъ периферіи кружка (*фиг.* 67); центральная часть является, слѣдовательно, областью южнаго, а вся периферія—областью сѣвернаго полюса. Намагниченіе кружка въ этомъ случаѣ, какъ говорятъ, круговое. Линіи силы, концентрируясь на пластинкѣ, образуютъ болѣе сильное магнитное поле, чѣмъ въ предыдущемъ случаѣ.



Фиг. 64.—Направленія силовыхъ линій.



Фиг. 65.—Видъ магнитнаго спектра нарушается.

Изъ сказаннаго становится понятнымъ, что магнитъ NS, производящій магнитное поле въ телефонѣ Грэгэма Белля (*фиг.* 58), является важнѣйшей частью прибора; въ помѣщенной предъ нимъ пластинкѣ, толщиною въ нѣсколько десятыхъ миллиметра, подъ вліяніемъ магнита, происходитъ круговое намагниченіе, т.-е. пластинка сосредоточиваетъ на себѣ силу магнитнаго поля; кромѣ того очевидно, что эта намагниченная пластинка постоянно притягивается магнитомъ, благодаря тому, что пластинка и магнитъ обращены другъ къ другу разноименными полюсами; не будь пластинка зажата по краю, она пристала бы къ магниту.

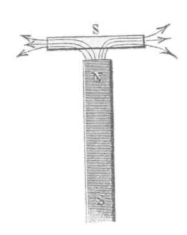


Фиг. 66.—Поперечное намагниченіе пластинки.

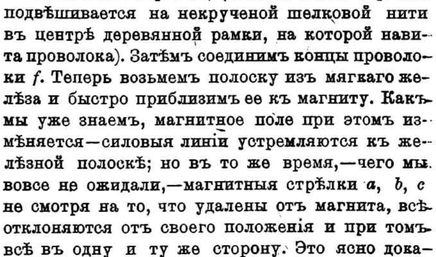
Таково состояніе телефона въ томъ случаѣ, когда части

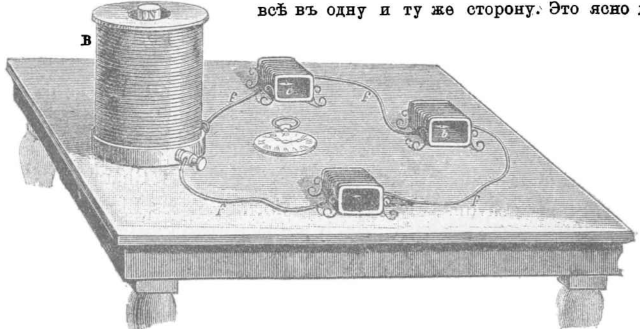
его находятся въ покоѣ,—другими словами: таково *статическое* *) состояніе магнитнаго телефона. Что произойдетъ, если пластинкѣ будетъ сообщено движеніе, дрожаніе?

Для того, чтобы узнать это, повторимъ—на этотъ разъ съ другой цѣлью—опытъ намагниченія куска мягкаго желѣза посредствомъ магнита. Лишь только на продолженіи магнита, въ опытѣ магнитнаго спектра, подъ листъ картона будетъ помѣщенъ брусокъ изъ мягкаго желѣза, магнитный спектръ мгновенно измѣнитъ свой видъ и вслѣдъ затѣмъ тотчасъ успокоится. Но всякое перемѣщеніе магнита или куска мягкаго желѣза вновь вызоветъ нарушеніе вида спектра, новое соотвѣтственное перемѣщеніе силовыхъ линій. Это движеніе линій силы магнитнаго поля, это *динамическое* состояніе его, пока оно продолжается, вызываетъ явленія, представляющія высокій интересъ. Эти явленія, открытыя Фарадеемъ около 1831—1832 г., названы *магнитой индукціей*, или *магнитнымъ наведеніемъ* **). Для обнаруженія этихъ важныхъ явленій, внесемъ внутрь бобины BB (*фиг.* 68) магнитъ N (бобиной называется деревянная катушка, которая обмотана проволокой, покрытой шелкомъ и гуттаперчей). На пути проволоки *f*, большое число разъ навитой на катушку, помѣстимъ маленькія магнитныя стрѣлки, (каждая такая стрѣлка подвѣшивается на некрученой шелковой нити въ центрѣ деревянной рамки, на которой навита проволока). Затѣмъ соединимъ концы проволоки *f*. Теперь возьмемъ полоску изъ мягкаго желѣза и быстро приблизимъ ее къ магниту. Какъ мы уже знаемъ, магнитное поле при этомъ измѣняется—силовыя линіи устремляются къ желѣзной полоскѣ; но въ то же время,—чего мы вовсе не ожидали,—магнитныя стрѣлки *a*, *b*, *c* не смотря на то, что удалены отъ магнита, всѣ отклоняются отъ своего положенія и при томъ всѣ въ одну и ту же сторону. Это ясно доказываетъ, что приближеніе желѣзной полоски вызвало появленіе новаго магнитнаго поля *въ пространствѣ, окружающемъ проволоку*. Это магнитное поле называется наведеннымъ (индуктивнымъ), а первичное поле магнита — наводящимъ.



Фиг. 67. Круговое намагниченіе пластинки.





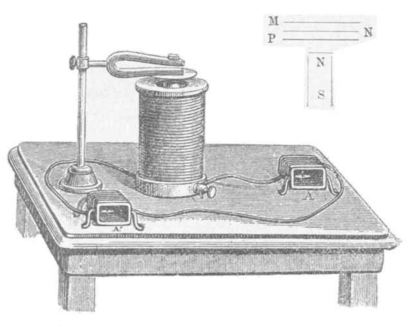
Фиг. 68.—Явленія магнитной индукціи.

*) Статическій—отъ греч. στατικὴ (статикé)—равновѣсіе, покой.

**) Точнѣе: *магнитно-электрической индукціей*.

(индуктирующимъ). Какъ только движеніе желѣзной полоски прекратится (въ опытѣ магнитнаго спектра мы видѣли, что линіи силы при этомъ останавливаются и фиксируются въ занятомъ положеніи), мы замѣтимъ, что магнитныя стрѣлки—указатели наведеннаго поля на пути проволоки—возвращаются въ первоначальное положеніе,—другими словами: наведенное поле исчезаетъ. Новое приближеніе бруска изъ мягкаго желѣза вновь вызываетъ появленіе наведеннаго поля, которое въ свою очередь тотчасъ исчезнетъ, лишь только брусокъ остановится. Изъ этого слѣдуетъ, что наведенное поле существуетъ только въ то время, когда, благодаря движенію куска мягкаго желѣза, въ первичномъ магнитномъ полѣ происходятъ нѣкоторые измѣненія, нѣкоторыя нарушенія въ характерѣ его. Подобное же наведенное поле является и при удаленіи желѣзнаго бруска. Но необходимо замѣтить, что направленіе этого поля обратно предыдущему, т.-е. что, если при приближеніи полоски магнитныя стрѣлки поворачиваются по направленію часовой стрѣлки, то при удаленіи ея они поворачиваются по обратному направленію. Далѣе, важно то, что если полоска переходитъ изъ положенія A_1 въ положеніе A_2 медленно, то магнитныя стрѣлки вовсе не отклоняются отъ своего первоначальнаго положенія. Отклоненіе ихъ происходитъ только въ случаѣ быстраго перемѣщенія бруска, и притомъ оно тѣмъ больше, чѣмъ быстрѣе, внезапнѣе это перемѣщеніе. Слѣдовательно, сила наведеннаго поля опредѣляется степенью быстроты измѣненій, вызываемыхъ въ первичномъ магнитномъ полѣ.

Итакъ, чѣмъ быстрѣе совершается перемѣщеніе бруска, тѣмъ наведенное поле сильнѣе; но въ то же время тѣмъ менѣе и его продолжительность. Съ другой стороны, опытъ показываетъ (да оно и понятно), что при данной быстротѣ перемѣщенія A_1A_2 наведенное поле будетъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ сильнѣе первичное поле, т.-е. наводящее поле магнита, помѣщеннаго внутри катушки. Для лучшаго уясненія себѣ этихъ явленій, знаніе которыхъ намъ необходимо для пониманія телефона, вообразимъ, что вмѣсто бруска взята круглая пластинка изъ мягкаго желѣза, прикрѣпленная къ одной изъ вѣтвей камертона и приводимая въ колебаніе послѣднимъ (*фиг.* 69 *). Будемъ наблюдать явленіе, происходящее во время одного колебанія, то-есть въ теченіе *періода* звука, издаваемаго камертономъ. Что произойдетъ въ то время, когда пластинка, увлекаемая камертономъ, начнетъ колебаться предъ магнитомъ NS. (На фигурѣ 69 въ увеличенномъ видѣ изображено одно колебаніе; M и P суть крайнія положенія пластинки, а N—положеніе покоя). Такъ какъ пластинка уподобляется здѣсь молекулѣ M, съ характеромъ колебаній которой мы уже знакомы (*стр. 40*, *фиг.* 42), то понятно, что отъ M до N пластинка приближается къ магниту съ возрастающей скоростью и заставляетъ магнитныя стрѣлки AA′ поворачиваться по направленію часовой стрѣлки (въ этомъ случаѣ направленіе наведеннаго поля считается прямымъ). При движеніи пластинки изъ N въ P наведенное поле, сохраняя прямое направленіе, все болѣе и болѣе ослабляется до полнаго уничтоженія. Отъ P до N пла-

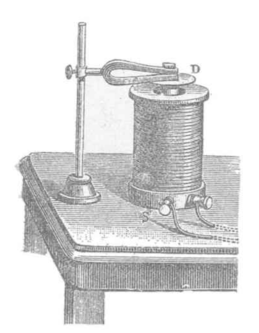


Фиг. 69. Звуковое колебаніе, „вызывающее“ магнитное колебаніе.

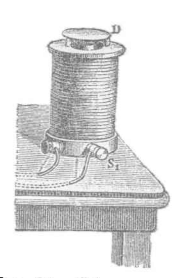
*) Для того, чтобы нота, издаваемая камертономъ, не измѣнилась вслѣдствіе прикрѣпленія пластинки къ его нижней вѣтви, необходимо положить соотвѣтственный противовѣсъ на верхнюю его вѣтвь.

стинка съ возрастающей скоростью удаляется отъ магнита, причемъ является наведенное поле съ обратнымъ продыдущему направленіемъ, такъ какъ магнитныя стрѣлки поворачиваются при этомъ обратно направленію часовой стрѣлки; сила поля возрастаетъ при движеніи пластинки отъ P до N, при движеніи отъ N до M—уменьшается, а при положеніи ея въ M дѣлается равной нулю. Затѣмъ начинается новое колебаніе. Изъ этого слѣдуетъ, что магнитныя стрѣлки колеблются одновременно съ пластинкой. Можно сказать, что эти стрѣлки, въ сущности, только повторяютъ колебанія наведеннаго магнитнаго поля, т.-е. колебанія молекулъ неизвѣстной среды, производящія это поле и опредѣляющія его характеръ. Итакъ, *звуковое колебаніе* камертона „вызвало", благодаря мягкому желѣзу и магниту, *магнитное колебаніе*, распространяющееся по проволокѣ съ такой быстротой, что дѣйствіе его на всемъ пути послѣдней проявляется въ одинъ и тотъ же моментъ. Это-то *поле магнитныхъ колебаній* и послужитъ намъ къ объясненію телефона.

Мы только что видѣли, что звуковое колебаніе можетъ „вызвать" *магнитное колебаніе* (употребляемъ совершенно неопредѣленное обозначеніе „вызвать", такъ какъ сущность превращенія звуковыхъ колебаній въ магнитныя остается покуда совершенно неизвѣстной). Теперь важно знать, можетъ ли вызванное такимъ образомъ *магнитное колебаніе*, переданное въ извѣстный пунктъ, воспроизвести здѣсь первоначальное *звуковое колебаніе*. Если это окажется возможнымъ,—если магнитное колебаніе окажется способнымъ воспроизвести на большомъ разстояніи то самое звуковое колебаніе, которымъ оно вызвано,—то изобрѣтеніе *телефона* будетъ готово.



Фиг. 70.—Передатчикъ звуковыхъ колебаній.



Фиг. 71.—Пріемникъ звуковыхъ колебаній.

Но какой способъ придумать для полученія подобнаго превращенія?— Предположимъ, что проволока нашей катушки соединена съ концами проволоки намотанной на второй такой же катушкѣ S, съ магнитомъ и пластинкой изъ мягкаго желѣза D (*фиг.* 70 и *фиг.* 71), но безъ камертона. Назовемъ эту вторую катушку пріемной. Если камертонъ вблизи катушки S, будетъ давать ноту la_3, т.-е. дѣлать 435 колебаній въ секунду, то періодъ его колебаній будетъ равенъ одной 435-ой части секунды, то и такова же будетъ продолжительность одного магнитнаго колебанія.

Магнитное колебаніе вліяетъ на всякій магнитъ, помѣщенный вблизи проволоки, служащей осью наведеннаго поля. Какъ мы убѣдились, магнитныя стрѣлки *a*, *b*, *c* отклоняются въ силу этого колебанія то по одному, то по другому—обратному направленію. Очевидно, что этому же вліянію должна подвергаться находящаяся предъ пріемной катушкой пластинка изъ мягкаго желѣза, такъ какъ эта пластинка намагничена, благодаря сосѣдству магнита въ катушкѣ. Смотря по тому, каково будетъ въ данный моментъ направленіе магнитнаго колебанія, поле магнитныхъ колебаній будетъ то увеличивать магнитизмъ, въ пластинкѣ D (которая замѣняетъ здѣть магнитныя стрѣлки), то уменьшать его; поэтому пластинка будетъ перемѣщаться изъ своего первоначальнаго положенія, то приближаясь къ магниту, — когда она сильнѣе притягивается имъ, — то, наоборотъ, удаляясь отъ него, — когда она начинаетъ отталкиваться. Эти притяженія и отталкиванія совершаются періодически, причемъ пластинка D дѣлаетъ одно колебаніе въ то же время, что и поле магнитныхъ колебаній, а

слѣдовательно, — что и пластинка D. Вслѣдствіе этого на станціи S будутъ слышать ноту la_3, такъ какъ пластинка будетъ производить 435 колебаній въ секунду.

Амплитуда (размахъ) перемѣщенія пластинки можетъ быть весьма невелика; чаще всего она даже незамѣтна. Лордъ Рейлифъ, президентъ лондонскаго Королевскаго Общества показалъ, что звукъ не перестаетъ быть ощущаемымъ даже въ томъ случаѣ, когда амплитуда звуковыхъ колебаній имѣетъ самую ничтожную величину—гораздо менѣе *милліонной части миллиметра*.

Пластинка D будетъ служить намъ передатчикомъ, а пластинка D_1—пріемникомъ, хотя понятно, что можно сдѣлать и обратно, перемѣстивъ камертонъ пластинки D_1 къ пластинкѣ D.

Посмотримъ, подтвердитъ ли опытъ наши ожиданія. Приведемъ камертонъ въ колебаніе — обыкновеннымъ способомъ — проводя соотвѣтственной толщины стержнемъ между его вѣтвями; періодическія колебанія камертона сообщаются пластинкѣ изъ мягкаго желѣза, вслѣдствіе чего вдоль проволоки является наведенное поле, или поле магнитныхъ колебаній, совершающихся также періодически; послѣднія обусловливаютъ періодическое притяженіе и отталкиваніе — т.-е. колебаніе пластинки D_1 на станціи S_1, которое передается окружающему воздуху, а черезъ него—уху слушающаго лица: послѣднее, дѣйствительно, слышитъ звукъ. Не тождественъ ли этотъ звукъ, воспринятый около пріемника, съ тѣмъ звукомъ, который былъ произведенъ предъ передатчикомъ? Имѣетъ ли онъ ту же высоту, силу и тембръ? Напомнимъ, что „періодъ" есть продолжительность одного колебанія, а „высота" *) число полныхъ колебаній въ секунду. Прибавимъ, что единственное наше средство измѣрить „періодъ" состоитъ въ опредѣленіи числа „періодовъ", заключающихся въ единицѣ времени, напр. въ секундѣ, что сводится на опредѣленіе „высоты" звука.

Намъ необходимо убѣдиться въ томъ, что высота переданнаго звука неизмѣнилась, несмотря на цѣлый рядъ испытанныхъ имъ превращеній. Сначала опредѣлимъ „высоту" отправляемаго звука. Для этого заставимъ звучащее тѣло—камертонъ или какое-либо другое, издающее тонъ въ D, записать свои колебанія, въ то время, когда маятникъ будетъ отбивать секунды. По прошествіи нѣсколькихъ секундъ, сосчитаемъ на полученномъ рисункѣ число колебаній, раздѣлимъ послѣднѣее на число секундъ, и мы получимъ „высоту" опредѣляемаго звука.

Очевидно, что, разъ опредѣливъ высоту звука, даваемаго какимъ-либо камертономъ, мы можемъ уже пользоваться послѣднимъ въ качествѣ „хронографа" **), такъ какъ, записывая свои колебанія, онъ въ то же время будетъ записывать и время.

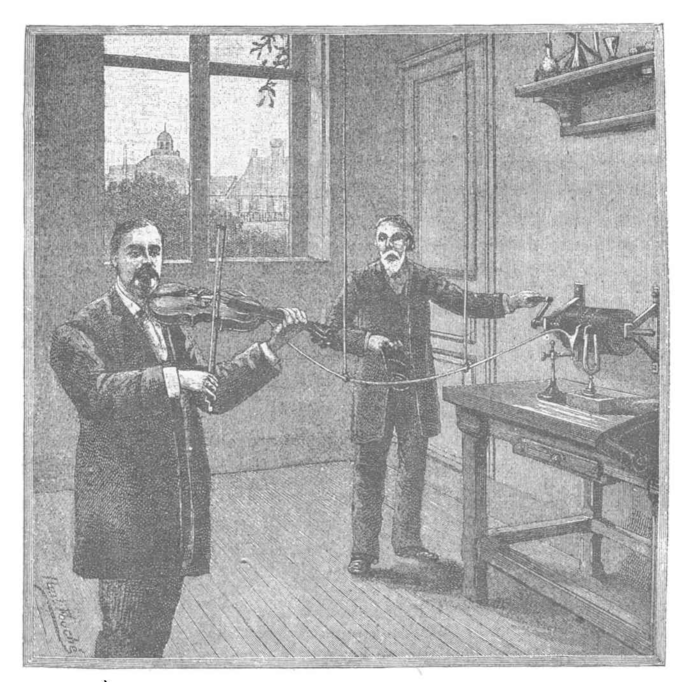
Этимъ-то именно путемъ Корню (членъ Института, профессоръ Политехнической школы) и Меркадье (инспекторъ телеграфовъ, директоръ Политехнической школы) опредѣлили высоту различныхъ нотъ, изданныхъ струной въ то время, когда на ней играли арію изъ *Вильгельма Телля* „На лонѣ блещущей волны" и затѣмъ арію изъ *Жидовки* „О Богъ отцовъ нашихъ" (*фиг.* 72). Этотъ опытъ, приведенный нами выше по поводу передачи звуковыхъ колебаній чрезъ проволоку (*стр.* 55), былъ произведенъ два раза—въ 1869 и 1872 гг.

Еслибы мы могли непосредственно записывать колебанія пріемной пластинки D, мы сейчасъ узнали бы, имѣетъ ли получаемый звукъ ту же высоту

*) Звуки производятъ на наше ухо различныя впечатлѣнія; одни мы называемъ „низкими", другіе —„высокими", или тонкими, и опытъ показываетъ, что это ощущеніе зависитъ единственно отъ *періода* воспринятаго звука. Понятіе же о періодѣ получаемъ изъ опредѣленія „высоты" звука, Но очевидно, что говорить о „высотѣ" звука можно лишь въ томъ случаѣ, если этотъ звукъ во все время, пока онъ продолжается, остается совершенно неизмѣннымъ, т.-е. можетъ быть записанъ по періодической кривой,— словомъ, если это музыкальный звукъ — тонъ. Другіе же звуки, или шумы представляютъ собой смѣсь музыкальныхъ звуковъ, въ которой наше ухо не можетъ ясно и точно разобрать никакого опредѣленнаго звука.

**) Отъ греч. χρόνος (хроносъ)—время и γράφω (графо)—пишу.

что̀ и отправляемый. Но сдѣлать это очень трудно—по причинѣ крайней ничтожности колебаній нашей пластинки. Поэтому мы лучше воспользуемся *сиреной*.



Фиг. 72.—Корню и Меркадье, опредѣляющіе высоту разныхъ нотъ, издаваемыхъ скрипкой.

Всякій разъ, когда два одновременно произведенныхъ звука производятъ на наше ухо извѣстное впечатлѣніе, которое мы опредѣляемъ, говоря, что эти звуки находятся въ унисонѣ одинъ относительно другого, графическій методъ показываетъ, что число колебаній у обоихъ этихъ звуковъ одно и то же, т.-е. что звуки эти имѣютъ одинаковую „высоту“.

Слѣдовательно, если устроимъ такой приборъ, который будетъ записывать число колебаній издаваемаго имъ звука и по нашему желанію звучать въ унисонъ съ какимъ-нибудь извѣстнымъ звукомъ, мы сможемъ опредѣлить высоту послѣдняго.

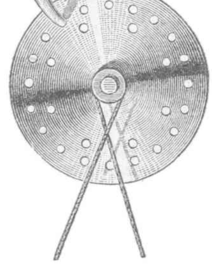
Такой именно приборъ мы имѣемъ въ *сиренѣ Каньяра-де-Латура* *).

Въ главныхъ чертахъ, сирена состоитъ изъ кружка (*фиг*. 73), въ которомъ по окружности просверленъ рядъ круглыхъ отверстій въ равныхъ разстояніяхъ одно отъ другого. Черезъ трубку, расположенную на уровнѣ этихъ отверстій, изъ мѣховъ продувается воздухъ. При вращеніи кружка трубка поперемѣнно будетъ то открываться, то закрываться, смотря по тому, будетъ ли проходить передъ ней продырявленная, или сплошная часть кружка. Всякій разъ,

*) Каньяръ-де-Латуръ, французскій физикъ, род. въ Парижѣ въ 1777 г., умеръ въ 1859 г.; назвалъ свой приборъ *сиреной* потому, что онъ можетъ издавать звуки и подъ водою.

когда струя воздуха устремляется въ отверстіе, она отталкиваетъ воздухъ, находящійся по ту сторону кружка, а когда, вслѣдъ за отверстіемъ, передъ трубкой проходитъ сплошная часть кружка, этотъ воздухъ возвращается въ прежнее положеніе. Если по окружности имѣется 20 отверстій, и кружокъ дѣлаетъ 10 оборотовъ въ секунду, то воздухъ оттолкнется и возвратится назадъ 200 разъ, слѣдовательно, произведенный звукъ будетъ соотвѣтствовать 200 полнымъ колебаніямъ въ секунду. При нѣсколькихъ трубкахъ слышался бы тотъ же звукъ, такъ какъ трубки закрывались бы и открывались бы одновременно, — слѣдовательно, число колебаній не измѣнилось бы, но въ этомъ случаѣ звукъ былъ бы, конечно, сильнѣе. (Обыкновенно въ кружкахъ у *сиренъ* продѣлано нѣсколько рядовъ отверстій—для сравнительныхъ опытовъ).

Теперь мы можемъ опредѣлить высоту звука, слышнаго у пластинки D_1. Заставимъ кружокъ нашей сирены вращаться все быстрѣе и быстрѣе до тѣхъ поръ, пока онъ не начнетъ издавать звукъ въ унисонъ съ звукомъ у пластинки D_1. Добившись этого, оставимъ кружокъ вращаться въ теченіе нѣсколькихъ секундъ, по прошествіи которыхъ сосчитаемъ число оборотовъ, сдѣланныхъ кружкомъ (для чего у сирены имѣется весьма простое приспособленіе) за это время (точно показываемое хронометромъ); помноживъ число оборотовъ на число отверстій въ кружкѣ, получимъ число полныхъ колебаній, сдѣланныхъ за это время; наконецъ, раздѣливъ это число на число секундъ, получимъ высоту звука, произведеннаго сиреной, т.-е. высоту звука изданнаго пластинкой D_1.



Фиг. 73.—Сирена.

Оба описанные способа, приложенные къ передатчику и пріемнику, одинаково показываютъ, что звукъ, получаемый въ D_1, имѣетъ строго ту же „высоту", что и звукъ, производимый въ D: на обѣихъ станціяхъ слышится нота *la*$_3$,— что мы и могли предсказать, основываясь на законахъ, управляющихъ явленіями индукціи. Безъ всякаго сомнѣнія, Фарадей, открывшій эти явленія, не задумался бы сказать, что въ системѣ, подобной вышеописанной DS, D_1S_1, движенія пластинки D должны передаваться въ D_1. Дѣйствительно, ему хорошо было извѣстно это взаимное отношеніе между причинами и слѣдствіями, характеризующее явленіе индукціи и объясняющее намъ причину огромной важности этихъ явленій. Но опытъ далеко оставляетъ за собой то, что мы можемъ предвидѣть. Оказывается, что для приведенія въ колебаніе молекулъ пластинки и магнитной передачи звука нѣтъ необходимости прикрѣплять камертонъ къ пластинкѣ, а достаточно уже, чтобъ онъ колебался на нѣкоторомъ разстояніи отъ нея. Само собою разумѣется, что то же самое относится и къ звуку, произведенному на любомъ музыкальномъ инструментѣ: въ D_1 будетъ отчетливо слышна пьеса, исполняемая въ D, на скрипкѣ, наприм. Далѣе, если вмѣсто скрипки, мы возьмемъ фортепіано, флейту и т. д., то мы въ состояніи будемъ отличить, на какомъ инструментѣ исполняется пьеса. Слѣдовательно, при подобной передачѣ не измѣняется, — по крайней мѣрѣ замѣтнымъ образомъ, — и то свойство звуковъ, которое мы называемъ „тембромъ" *): звукъ приходитъ въ D_1, сохранивъ не только свою „высоту", но и свой „тембръ". Скажемъ еще болѣе: пьеса можетъ

*) Въ предъидущей главѣ мы видѣли, что струны у арфы начинаютъ звучать всякій разъ, когда вблизи ихъ производятся тѣ звуки, которые эти струны способны издавать. Это свойство даетъ возможность разобраться въ томъ хаосѣ звуковъ, который доносится до арфы,—анализировать его. Имъ и воспользовался профессоръ Гельмгольтцъ, остроумно опредѣлившій тембръ, какъ „цвѣтъ звука", для того, чтобы отыскать настоящую причину тембра даннаго звука. Онъ, впрочемъ, бралъ для своихъ изслѣдованій не арфу, а рядъ различнаго, постепенно возрастающаго, объема полыхъ стеклянныхъ или металическихъ шаровъ съ двумя отверстіями. Эти наполненные воздухомъ шары, получившіе названіе резонаторовъ Гельмгольтца, обладаютъ тѣмъ же свойствомъ, что и струны

исполняться сразу на нѣсколькихъ инструментахъ, и все - таки лицо, слушающее въ D_1, узнаетъ каждый инструментъ. Наконецъ, самая членораздѣльная рѣчь,—эти наиболѣе сложные звуки, которые записываются фонавтографомъ въ видѣ самыхъ неправильныхъ, самыхъ неожиданныхъ кривыхъ *),—отчетливо передается изъ D въ D_1, или изъ D_1 въ D, такъ какъ съ удаленіемъ камертона исчезаетъ всякая разница между этими двумя станціями.—Изъ этихъ поразительныхъ, результатовъ мы получаемъ представленіе о крайней чувствительности, о необыкновенной способности къ движенію, присущей этой невидимой, неизвѣстной средѣ,—способности, благодаря которой возможны магнитныя явленія. Въ этой средѣ, какъ въ матеріальныхъ упругихъ тѣлахъ, какъ въ воздухѣ, наприм., одновременно и не мѣшая другъ другу, могутъ существовать движенія самыхъ различныхъ періодовъ; это видно изъ того, что различные звуки, одновременно выходящіе изъ D, приходятъ въ D_1, сохранивъ каждый свой характеръ, какъ въ томъ случаѣ, если бы они были переданы при посредствѣ воздуха, при посредствѣ звуковыхъ волнъ. Магнитное превращеніе звука, благодаря которому послѣдній получилъ возможность легко и мгновенно совершить такой путь, какого онъ не могъ бы совершить чрезъ воздухъ, нисколько не измѣнилъ его существенныхъ свойствъ: онъ явился въ D_1 съ прежнимъ своимъ характеромъ,—съ своей высотой и тембромъ **).

Самая возможость превращенія звуковыхъ волнъ въ магнитныя колеба-

---

арфы: каждый изъ нихъ отчетливо отзывается только на одинъ какой-нибудь звукъ, причемъ отзывчивость эта принадлежитъ имъ въ большей мѣрѣ, чѣмъ струнамъ арфы или фортепіано.

Если вблизи подобныхъ резонаторовъ привести въ дрожаніе струну, напр., то замѣтимъ, что нѣкоторые изъ нихъ начинаютъ звучать вмѣстѣ съ нею. Изъ этого можно заключить, что струна издаетъ заразъ нѣсколько тоновъ. Самый низкій изъ нихъ, и въ то же время наиболѣе сильный,—единственный, доступный обыкновенному уху,—есть *основной*, или *главный тонъ* въ этомъ крошечномъ оркестрѣ, скрытомъ въ молекулахъ струны. Остальные, сопровождающіе его, тоны гораздо слабѣе и имѣютъ періоды какъ разъ вдвое, втрое, вчетверо и т. д. меньшіе: именно эти тоны, называемые *гармониками* основнаго тона, или *обертонами*, и придаютъ послѣднему его особенный характеръ, его тембръ. Это, такъ сказать, цвѣты, составляющіе звуковой букетъ.

На дрожаніе камертона отзывается только одинъ резонаторъ; слѣдовательно, звукъ, издаваемый камертономъ, не сопровождается гармониками—не имѣетъ тембра, лишенъ извѣстнаго цвѣта: оттого онъ и не доставляетъ нашему уху того наслажденія, какое доставляютъ намъ другіе, „окрашенные" звуки. Этимъ свойствомъ камертоновъ воспользовался Гельмгольтцъ для воспроизведенія тембра даннаго звука (напр., звука струны). Приводя въ дрожаніе одновременно цѣлый рядъ камертоновъ, соотвѣтствующихъ найденнымъ изъ предыдущаго анализа основному тону и гармоникамъ, изъ которыхъ состоитъ данный звукъ, онъ съ точностью воспроизводитъ звукъ, издаваемый струной, т. е. получаетъ сложный звукъ съ такимъ же тембромъ; получается впечатлѣніе, будто дрожитъ именно эта струна, а не камертонъ. Каждый изъ камертоновъ представляетъ собой одинъ цвѣтокъ,—надлежащее сочетаніе извѣстнаго количества соотвѣтствующихъ цвѣтовъ даетъ букетъ звуковъ, свойственныхъ данной струнѣ. Такимъ образомъ въ одной и той же струнѣ заразъ происходитъ цѣлый рядъ неодинаковыхъ дрожаній, періоды которыхъ являются множителями періода одного изъ нихъ, именно самаго медленнаго. Послѣднее производитъ звукъ, обладающій наибольшей силой, господствующій надъ остальными, но другія дрожанія—съ гораздо меньшими размахами—производятъ звуки, гармонирующіе съ основнымъ, придающіе ему его оттѣнокъ, его прелесть.

*) *Музыкальные* звуки, напротивъ, записываются фонавтографомъ въ видѣ очень правильныхъ линій, составляющихъ одну и ту же кривую.

**) Вполнѣ естественно можетъ возникнуть вопросъ, нельзя ли посмотрѣть на опредѣленіе профессора Гельмгольтца: „тембръ—это цвѣтъ звука",—какъ на нѣчто бо́льшее, нежели просто остроумное образное выраженіе; не является ли цвѣтъ въ самомъ дѣлѣ свойствомъ, присущимъ звуку. Извѣстно, что у нѣкоторыхъ людей звуковое ощущеніе сопровождается ощущеніемъ свѣтовымъ: каждый разъ, когда они слышатъ какой-нибудь звукъ, они видятъ въ то же время извѣстный цвѣтъ. Это явленіе пока еще мало изучено и не получило до сихъ поръ никакого объясненія.—Мы уже видѣли, что магнитное поле производитъ на всемъ протяженіи проволоки, въ окружающемъ ее пространствѣ, наведенное поле. Вскорѣ мы увидимъ, что электрическій токъ, проходящій по проволокѣ, производитъ наведенные токи въ сосѣднихъ проволокахъ. Отчего же не предположить, что у извѣстныхъ натуръ одни нервы оказываютъ такое же вліяніе на сосѣдніе нервы. Въ интересующемъ насъ случаѣ, мы могли бы представлять себѣ слуховой нервъ наводящимъ, а зрительный нервъ—наводимымъ.

Вотъ любопытные факты, собранные Анри-де-Парвиллемъ въ его *Научныхъ Бесѣдахъ*: „Впервые это странное явленіе нервнаго отраженія отмѣчено вѣнскимъ врачемъ, докторомъ Нуссбаумеромъ. Однажды, еще въ дѣтствѣ, когда онъ и братъ забавлялись тѣмъ, что заставляли звучать-

нія и наоборотъ,—магнитныхъ колебаній въ звуковыя волны—указываютъ намъ на тѣсную зависимость между невидимымъ міромъ и міромъ матеріальнымъ, между частицами той среды, въ движеніи которой мы усматриваемъ причину явленій индукціи, и частицами того вещества, движеніе котораго производитъ звукъ. Между обоего рода движеніями существуетъ тѣсная связь, сущность которой намъ, правда, неизвѣстна, но отрицать которую невозможно. Роковымъ образомъ эти движенія сопровождаютъ другъ друга. Разъ приходятъ въ колебаніе молекулы пластинки D, тотчасъ же является магнитное движеніе: наоборотъ, какъ скоро производится магнитное движеніе, въ то же мгновеніе приходятъ въ колебаніе молекулы пластинки; болѣе того: малѣйшія оттѣнки, малѣйшія подробности одного изъ этихъ движеній сопровождаются соотвѣтственными оттѣнками другаго. Въ сущности, это одно и то же явленіе, которое

стаканъ, ударяя его вилкою, онъ замѣтилъ, что *видитъ* цвѣта въ то время, когда *воспринимаетъ* звукъ, и притомъ настолько ясно, что въ состояніи, заткнувши уши, угадывать по цвѣту силу звука, производимаго ударомъ вилки по стакану. Братъ его получалъ такія же свѣтовыя ощущенія подъ вліяніемъ музыкальныхъ звуковъ и шумовъ.

„За интересными наблюденіями Нуссбаумера вскорѣ послѣдовали почти тождественныя наблюденія одного цюрихскаго студента-медика. Послѣдній также видѣлъ различные цвѣта въ то время, когда слышалъ звуки. Музыкальныя ноты сопровождались опредѣленными цвѣтами; высокія ноты вызывали у него ощущеніе свѣтлыхъ, а низкія—ощущенія темныхъ цвѣтовъ. Въ недавнее время нантскій офтальмологъ Педроно констатировалъ тѣ же особенности у одного изъ своихъ друзей.

„Привычка—вторая натура. Другъ доктора Педроно такъ свыкся съ воспріятіемъ двойныхъ ощущеній,—свѣтовыхъ и слуховыхъ,—что не придавалъ ему никакого значенія и никому даже не сообщалъ о немъ. Вначалѣ, впрочемъ, онъ скрывалъ свою особенность изъ опасенія прослыть чудакомъ. Однажды случилось ему быть въ гостяхъ у одного изъ своихъ пріятелей, гдѣ собравшееся общество развлекалось тѣмъ, что ко всякой фразѣ приплетало странное выраженіе, взятое изъ какой-то исторійки: „Это?.. Да вѣдь это прелестно, какъ желтая собака!"—„Вы замѣтили, какой у него голосъ?"—сказалъ одинъ изъ присутствующихъ. „Его голосъ прелестенъ, какъ желтая собака". —„Вовсе нѣтъ, — горячо возразилъ другъ доктора Педроно: — у него не желтый, а совершенно красный голосъ".—Это сказано было такимъ убѣжденнымъ тономъ, что всѣ присутствующіе расхохотались.—„Какъ—красный голосъ?—спрашивали его:—что вы говорите?". Волей, неволей пришлось объясниться. X... признался, что обладаетъ странной особенностью—видѣть цвѣтъ голоса. Разумѣется, всякому хотѣлось узнать окраску своего голоса, и X... пришлось удовлетворить каждаго. Случаю угодно было, чтобы среди присутствующихъ находилось лицо съ желтымъ голосомъ: этотъ голосъ оказался лучше всѣхъ!..

„По словамъ Педроно, его другъ вообще совершенно здоровый человѣкъ,—въ частности—слухъ у него хорошъ, зрѣніе—превосходно. А между тѣмъ чувствительность его въ указанномъ отношеніи такъ велика, что свѣтовое ощущеніе у него, можетъ быть, даже предшествуетъ звуковому: прежде чѣмъ онъ успѣлъ отдать себѣ отчетъ въ качествѣ и напряженности звука, онъ уже видитъ его цвѣтъ, уже знаетъ, что онъ красный, голубой, желтый и т. д. У этого субъекта незначительное повышеніе или пониженіе ноты не вызываетъ, какъ у цюрихскаго студента, измѣненія въ окраскѣ звука. Нота съ діэзомъ вызываетъ только болѣе яркій цвѣтъ, нежели простая; бемоль нѣсколько затемняетъ нормальную окраску ноты, но исполненіе одной и той же пьесы на разныхъ инструментахъ вызываетъ очень различныя ощущенія. Такъ, по словамъ д-ра Педроно, исполненіе одной и той же бретонской мелодіи на саксофонѣ сопровождалось у его друга ощущеніемъ желтаго цвѣта, на кларнетѣ—краснаго, а на фортепіано—голубого,—въ чемъ сказывается именно вліяніе *тембра*.

„Напряженность цвѣта соотвѣтствуютъ силѣ звука. Очень громкіе шумы даютъ ощущеніе весьма яркихъ цвѣтовъ. Очень высокія ноты, напр. свистъ, сопровождаются ощущеніемъ сѣроватаго цвѣта, который доходитъ до серебристо-бѣлаго при значительной напряженности звуковъ. Звуки человѣческаго голоса вызываютъ самыя разнообразныя ощущенія. Наиболѣе яркія цвѣта даютъ гласныя *и* и *е*; менѣе яркой окраской обладаютъ *а* и *о*. При двугласныхъ являются сочетанія цвѣтовъ".

Прибавимъ, что уже въ 1740 г. іезуитъ Луи-Бертранъ Кастель въ своей любопытной *Оптикѣ цвѣтовъ* пытался провести аналогію между цвѣтами и звуками, предполагая, что семь цвѣтовъ спектра въ точности соотвѣтствуютъ семи нотамъ музыкальной гаммы. По его словамъ, *do* соотвѣтствуетъ голубому цвѣту, *re*—желтому, *mi*—красному, а остальныя ноты соотвѣтствуютъ переходнымъ цвѣтамъ; такимъ образомъ, онъ составилъ слѣдующую музыкально-цвѣтную гамму: *do*—голубой цвѣтъ, *do діэзъ*—блѣдно-зеленый, *re*—свѣтло-зеленый, *re діэзъ* оливково-зеленый, *mi*—желтый, *fa*—золотисто-желтый, *fa діэзъ*—оранжевый, *sol*—красный, *sol діэзъ*—малиновый, *la*—фіолетовый, *la діэзъ*—сине-фіолотовый, *si*—синій. На основаніи этой аналогіи между звуками и цвѣтами, Кастель устроилъ оригинальный снарядъ—*цвѣтное фортепіано*, при помощи котораго можно было вызывать появленіе соотвѣтствующихъ даннымъ звукамъ цвѣтовъ, по гаммѣ Кастеля. Этотъ ученый утверждалъ, что прохожденіе предъ глазами опредѣленной серіи цвѣтовъ, соотвѣтствующихъ извѣстной пьесѣ, при равенствѣ промежутковъ времени между цвѣтами съ такими же промежутками между нотами пьесы, — вызываетъ въ душѣ зрителя ощущеніе, вполнѣ сходное съ тѣмъ, какое онъ испытываетъ при слушаніи пьесы.

какъ бы изъ стремленія къ самосохраненію испытываетъ извѣстное превращеніе, дающее ему возможность существовать въ двухъ разнородныхъ средахъ, въ двухъ различныхъ мірахъ.

Это превращеніе звука совершается благодаря присутствію магнита и пластинки изъ мягкаго желѣза, молекулы которой подвергаютая вліянію магнитнаго поля, силовыхъ линій. Мы видѣли, что степень нарушенія вида силовыхъ линій зависитъ отъ формы куска мягкаго желѣза, введеннаго въ магнитное поле, но самое нарушеніе происходитъ всякій разъ, когда кусокъ мягкаго желѣза,— какую бы форму онъ ни имѣлъ,—перемѣщается по отношенію къ магниту. Отсюда понятно, что пластинка изъ мягкаго желѣза не должна быть обязательно сплошной, состоять непремѣнно изъ одного цѣльнаго куска, но можетъ быть и вырѣзанной, продыравленной во многихъ мѣстахъ. Болѣе того, Меркадье доказалъ путемъ опыта, что при замѣнѣ пластинки D желѣзными опилками, образующими кисть на оконечности магнита, передатчикъ не теряетъ присущихъ ему свойствъ. То же самое можно сдѣлать и съ пріемникомъ, не рискуя прекратить его дѣйствіе. Въ этомъ случаѣ, звуковыя волны будутъ вызывать движеніе въ молекулахъ опилокъ точно такъ же, какъ онѣ вызывали его въ молекулахъ пластинки. Однако же, необходимо замѣтить, что *напряженность* *) переданнаго звука оказывается при этомъ уменьшенною, т.-е. для того, чтобы разслышать звукъ, приходится больше приближать ухо къ пріемнику и слушать съ большимъ вниманіемъ. Ослабленіе звука происходитъ отъ того, что опилки даютъ силовымъ линіямъ оріентироваться свободно, между тѣмъ какъ пластинка заставляетъ ихъ концентрироваться на ней, приводитъ ихъ въ состояніе нѣкотораго напряженія, гораздо болѣе благопріятствующаго сохраненію звука. Изъ этого, однако, не слѣдуетъ заключать, что чѣмъ толще пластинка, тѣмъ лучше; изъ опытовъ Меркадье обнаружилось, что для всякаго телефона существуетъ извѣстная, наивыгоднѣйшая для него толщина пластинки (въ предѣлахъ нѣсколькихъ десятыхъ миллиметра): увеличеніе или уменьшеніе толщины пластинки влечетъ за собой ослабленіе телефона.

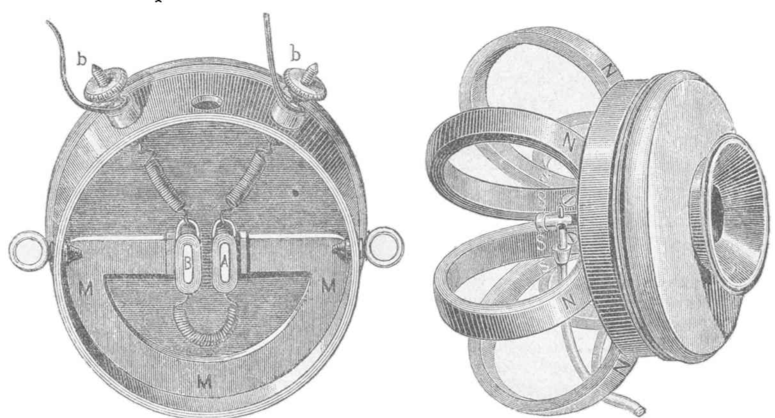
До сихъ поръ мы говорили только о желѣзной пластинкѣ, допустивъ предположеніе, что способностью пріобрѣтать магнитныя свойства обладаетъ одно желѣзо. Однако же, если вмѣсто *желѣзной пластинки* возьмемъ *мѣдную*, наша система не перестанетъ дѣйствовать. Это требуетъ нѣкоторыхъ поясненій. Если въ опытѣ магнитнаго спектра помѣстить подъ листъ картона, противъ одного изъ полюсовъ магнита, мѣдную полоску, послѣдняя не окажетъ никакого вліянія на форму спектра,—она не намагничивается отъ дѣйствія магнитнаго поля: въ этомъ отношеніи она, слѣдовательно, значительно отличается отъ желѣза. Но въ динамическомъ состояніи, т.-е. въ то время, когда мѣдная полоска находится въ быстромъ движеніи, или когда магнитное поле испытываетъ нѣкоторыя измѣненія, мѣдь теряетъ свои нейтральныя свойства. Впослѣдствіи мы ближе разъяснимъ это явленіе; пока же намъ достаточно знать, что въ динамическомъ состояніи, именно благодаря индукціи, мѣдная пластинка обладаетъ тѣми же свойствами, хотя въ гораздо меньшей степени, что и желѣзная. Сказанное относится также и ко всѣмъ металламъ, — къ каждому въ различной степени.

*) Съ какою бы силою мы ни заставили дрожать камертонъ, онъ будетъ издавать все одинъ и тотъ же звукъ, но *напряженность* звука, его сила будетъ тѣмъ значительнѣе, чѣмъ больше расхожденіе вѣтвей камертона. Другими словами, записывая дрожанія камертона, произведенныя съ различной силой, мы замѣтимъ, что подъемы и спуски у извилинъ рисунка имѣютъ тѣмъ большую высоту, чѣмъ лучше и чѣмъ на большемъ разстояніи слышенъ произведенный звукъ. Прибавимъ, что *напряженность* звука зависитъ также отъ его „періода“; чѣмъ меньше періодъ при одной и той же амплитудѣ, тѣмъ звукъ сильнѣе. До сихъ поръ физика еще не обладаетъ способомъ болѣе или менѣе точнаго сравненія звуковъ по ихъ напряженности. Наше ухо, одаренное столь тонкой чувствительностью въ воспринятіи самой ничтожной амплитуды колебательнаго движенія и въ сужденіи объ интервалахъ, т.-е. о высотѣ звуковъ, производимыхъ одновременно или одинъ за другимъ,— оказывается совершенно неспособнымъ указать, хотя бы приблизительно, въ какой мѣрѣ одинъ звукъ напряженнѣе другого. Поэтому приходится сравнивать звуки по ихъ „слышимости“ и говорить, что напряженность звука тѣмъ больше, чѣмъ на большемъ разстояніи онъ можетъ быть слышенъ.

По этой-то причинѣ Меркадье могъ замѣнить желѣзныя пластинки D и D_1 пластинками изъ мѣди и алюминія, не уничтоживъ существенныхъ чертъ прибора: звукъ выходилъ изъ пріемника только гораздо слабѣе, чѣмъ въ случаѣ желѣзныхъ пластинокъ.

Теперь мы понимаемъ, почему телефонъ Белля (*фиг.* 58),—представляющій собою не что́ иное, какъ упрощенную, миніатюрную систему DS,—состоитъ изъ магнита, желѣзной пластинки, зажатой по окружности, катушки, проволока которой проводитъ звуковыя волны въ сходный съ передатчикомъ пріемный аппаратъ. Являясь, съ одной стороны, разумнымъ слѣдствіемъ фактовъ индукціи и акустики, телефонъ, съ другой стороны,—тѣми своими свойствами, которыя обнаружились только изъ опыта,—показываетъ: 1) что въ магнитной средѣ,—подобно тому, какъ въ средахъ матеріальныхъ,—могутъ существовать рядомъ колебанія весьма различныхъ періодовъ и 2) что та связь, которая существуетъ между молекулами тѣлъ и молекулами магнитной среды, представляется столь тонкою, что звуковая волна, не смотря на испытываемыя ею превращенія, не теряетъ ни одного изъ своихъ существенныхъ свойствъ.

Успѣхъ, выпавшій на долю Грэгэма Белля, имѣлъ своимъ послѣдствіемъ многочисленныя видоизмѣненія первоначальнаго прибора. Въ каждой странѣ, съ цѣлью его усовершенствованія, съ цѣлью увеличенія напряженности и отчетливости передаваемыхъ звуковъ, были введены различныя измѣненія въ формѣ его составныхъ частей,—но суть остается та же: во всѣхъ приборахъ неизмѣнно дрожатъ въ магнитномъ полѣ, произведенномъ при помощи магнита, пластинки изъ мягкаго желѣза; слѣдовательно, въ нашемъ объясненіи намъ нечего измѣнять. Измѣненію подверглась только форма магнита, а чрезъ это—видъ линій силы магнитнаго поля. Въ нашу задачу не входитъ описаніе всѣхъ многочисленныхъ видовъ телефона, употребляемыхъ въ различныхъ странахъ для обиходныхъ нуждъ или въ лабораторіяхъ ученыхъ изслѣдователей,—мы отмѣтимъ лишь наиболѣе типичныя, наиболѣе важныя измѣненія, введенныя въ устройство магнитнаго телефона.



Фиг. 74 —Телефонъ Гоуэра.

Фиг. 75.—„Коронный" телефонъ Фельпса.

Гоуэръ вмѣсто прямого беретъ изогнутый магнитъ ММ, какъ показано на фигурѣ 74. Здѣсь употреблены въ дѣло оба полюса—А и В, окруженные каждый плоской катушкой. Въ b, b видны борны (винты, такъ называемые *полюсы*), съ которыми соединяются телефонная проволока, идущая въ соотвѣтственный аппаратъ.

Въ одномъ изъ видоизмѣненій телефона, предложенномъ *Фельпсомъ,* магнитное поле производится посредствомъ нѣсколькихъ подковообразныхъ магнитовъ (*фиг.* 75). Южные полюсы SS... магнитовъ расположены въ видѣ короны на весьма близкомъ разстояніи отъ центральной части упругой пластинки, сѣверные NN... поддерживаютъ периферическую часть послѣдней. По сходству съ короной, этотъ приборъ носитъ названіе „короннаго телефона".

Фиг. 76.—Телефонъ Адера.

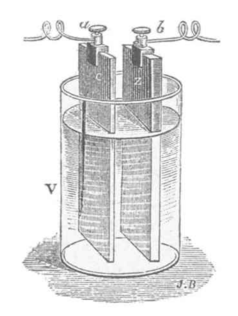
Въ столь распространенномъ нынѣ телефонѣ *Адера* магнитъ расположенъ такимъ образомъ, что служитъ вмѣстѣ и ручкой прибора. Полюсами кольцеобразнаго магнита изъ полированной стали (*фиг.* 76) служатъ два куска мягкаго желѣза D, D, продолженія которыхъ *d d* окружены катушками B, B. Предъ упругой пластинкой P расположено кольцо изъ мягкаго желѣза CC, названное „экстравозбудителемъ". Назначеніе этого кольца—увеличивать дѣйствіе колебаній въ магнитномъ полѣ на пластинку.

Д'Арсонваль, подобно Адеру, употребляетъ только одинъ кольцеобразный магнитъ. Однимъ изъ полюсовъ этого магнита (*фиг.* 77) служитъ цилиндръ изъ мягкаго желѣза AA. Къ другому концу магнита, въ качествѣ другого полюса, привинчивается полый цилиндръ B, тоже изъ мягкаго желѣза. Въ послѣднемъ помѣщается катушка C. Этимъ превосходнымъ расположеніемъ достигается наиболѣе сильное вліяніе магнитнаго поля на катушку.

Фиг. 77.—Телефонъ д'Арсонваля.

При помощи *магнитныхъ телефоновъ,* служащихъ въ одно время и предатчиками и пріемниками, передача можетъ производиться лишь на небольшое разстояніе. „Вполнѣ естественно возникаетъ вопросъ,— писалъ Грэгэмъ Белль въ своей *Запискѣ,*—какова должна быть наибольшая длина пути, еще возможная при телефонной передачѣ. Но отвѣчать на это трудно — въ виду неодинаковости условій, въ какія можетъ быть поставленъ опытъ въ различныхъ случаяхъ. Мнѣ лично удавалось получать отчетливую передачу лишь при длинѣ телефонной проволоки, не превышавшей 435 верстъ. Въ подобныхъ опытахъ все шло хорошо лишь въ то время, когда сосѣднія телефонныя проволоки не были въ дѣйствіи; въ противномъ же случаѣ, звуки, хотя и могли быть разслышаны, но настолько ослаблялись, что казались какъ бы заглушаемыми грозой".

Описанному виду телефона недостаетъ возможности *сильнаго* магнитнаго колебанія, которое достигается въ *телефонѣ съ элементомъ.*



Фиг. 79.—Элементъ Вольты.

Глава IV.

Телефоны съ элементами.

Въ электрическихъ телефонахъ, всюду нынѣ употребляемыхъ, *пріемникомъ попрежнему служитъ магнитный телефонъ,* т.-е. слушаніе опять-таки производится при помощи такого телефона, — ему, слѣдовательно, принадлежитъ воспроизведеніе рѣчи. Во Франціи повсюду приняты телефоны Адера—для сообщеній между жителями одного и того же города и телефонъ д'Арсонваля—для сообщеній между отдаленными другъ отъ друга пунктами, напр. между Парижемъ и Марселемъ. *Отличается электрическій телефонъ отъ магнитнаго только передатчикомъ.* Здѣсь передатчикъ, т. е. тотъ приборъ, предъ которымъ говорятъ,—назначеніе котораго—собирать колебанія голоса и превращать ихъ въ магнитныя колебанія,—уже не представляетъ собою магнитнаго телефона въ собственномъ смыслѣ. Это новый аппаратъ, въ которомъ слѣдуетъ различать двѣ части: одной части мы дадимъ названіе *магнита съ элементомъ,*—и это будетъ не только весьма просто, но и вполнѣ точно,—другая—называется *микрофономъ* *).

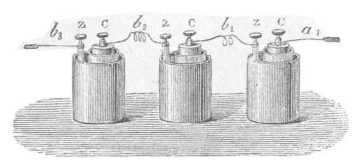
Для пониманія введеннаго нами понятія—*магнита съ элементомъ,* необходимо узнать сперва, что такое *элементъ.* Откладывая подробности теоріи элемента до соотвѣтственнаго отдѣла, ограничимся здѣсь только самымъ необходимымъ — разъясненіемъ смысла нѣкоторыхъ выраженій, употребляемыхъ въ ученіи объ электричествѣ.

Для того, чтобы лучше сосредоточиться на интересующемъ насъ предметѣ, возьмемъ частный случай. Если въ сосудъ V (*фиг.* 79) нальемъ воды и немного сѣрной кислоты, и въ эту жидкость погрузимъ двѣ металлическія пластинки (*пару*) — мѣдную C и цинковую Z, къ верхнимъ концамъ которыхъ припаяно по мѣдному брусочку *a*, *b*, — мы получимъ *Вольтовъ элементъ*— легкое видоизмѣненіе первоначальнаго *Вольтова столба.* Такова въ сущности идея Вольтова столба, устроеннаго въ столь памятномъ въ исторіи электричества 1800-мъ году **); *a* и *b*

*) *Микрофонъ,* отъ греч. словъ — μικρός (микросъ) — *малый,* и φωνή (фонэ)—*голосъ, звукъ:* аппаратъ, позволяющій слышать даже самые слабые звуки.

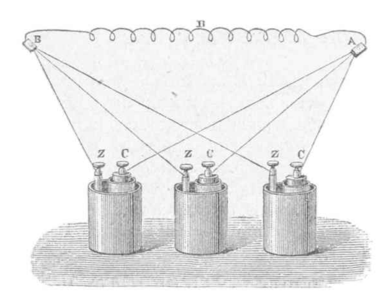
**) Первоначальный приборъ Александра Вольты (род. въ Комѣ въ 1745 г., умеръ въ 1827 г.) состоялъ изъ многихъ паръ мѣдныхъ и цинковыхъ кружковъ, раздѣленныхъ, суконными кружками, пропитанными подкисленной водой. Кружки были наложены другъ на друга, образуя вмѣстѣ подобіе столбика; отсюда и названіе прибора: *Вольтовъ столбъ.*

называются концами, или *полюсами* элемента; брусочекъ *a*, припаянный къ мѣди С, называется *положительнымъ* — его часто обозначаютъ просто знакомъ + (плюсъ), — а брусочекъ *b*, припаянный къ цинку Z, называется *отрицательнымъ*, — обозначается знакомъ — (минусъ).



Фиг. 80. — Послѣдовательное соединеніе элементовъ.

Часто необходимо бываетъ пользоваться нѣсколькими или многими элементами *). Тогда ихъ *соединяютъ* по тому или другому изъ ниже описываемыхъ способовъ. Одинъ способъ состоитъ въ томъ, что элементы располагаютъ въ рядъ такимъ образомъ, чтобы цинкъ Z одного элемента находился рядомъ съ мѣдью С слѣдующаго (*фиг.* 79); рядомъ расположенныя полюсы соединяютъ проволокой b_1, b_2. При такомъ соединеніи остаются свободными два брусочка; на нашемъ рисункѣ a_1 и b_3; a_1 есть положительный полюсъ *всей системы элементовъ*, b_3, — отрицательный полюсъ ея. Этотъ видъ соединенія носитъ названіе *послѣдовательнаго соединенія*. По другому способу, всѣ мѣдныя пластинки С, соединяютъ съ однимъ мѣднымъ брусочкомъ А, а всѣ цинковыя Z съ другимъ — В. А есть, такимъ образомъ, общій положительный, а В — общій отрицательный полюсъ всей совокупности соединенныхъ элементовъ. Такое соединеніе называется *параллельнымъ* (*фиг.* 81). Въ каждомъ данномъ случаѣ приходится рѣшать, какой изъ двухъ способовъ соединенія элементовъ выгоднѣе, — не выгоднѣе ли употребить оба способа вмѣстѣ, т.-е. прибѣгнуть къ *смѣшанному соединенію*, а въ послѣднемъ случаѣ необходимо бываетъ опредѣлить и степень участія каждаго способа.



Фиг. 81. — Параллельное соединеніе элементовъ.

Въ Вольтовомъ столбѣ мы имѣемъ, очевидно, послѣдовательнное соединеніе элементовъ, такъ какъ здѣсь мѣдные, цинковые и суконные кружки наложены одни на другіе все въ одномъ и томъ же порядкѣ.

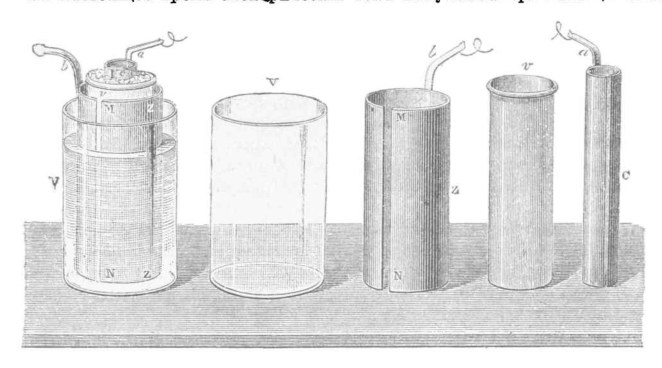
Когда концы какой-нибудь свободной проволоки (обыкновенно употребляется мѣдная) соединяются съ полюсами элемента (*фиг.* 81), или цѣлой группы соединенныхъ элементовъ, что одно и то же, — проволока пріобрѣтаетъ особенныя свойства, приходитъ въ новое состояніе, обнаруживающееся различными дѣйствіями, которыя приписываютъ *электрическому току*, произведенному въ проволокѣ самимъ элементомъ. „Электрическій токъ" — обозначеніе, не опредѣляющее ближайшей сущности явленія и принятое просто за неимѣніемъ лучшаго.

Подобно тому какъ для линій силы магнитнаго поля, съ цѣлью облегчить описаніе явленій и придать ему большую точность, принято извѣстное направленіе, — и относительно электрическаго тока условились говорить, что онъ идетъ по проволокѣ отъ положительнаго полюса къ отрицательному, считая первый какъ бы началомъ, а второй — устьемъ, мѣстомъ впаденія электрическаго тока. Конечно, это не болѣе, какъ удобное образное представленіе, такъ какъ о теченіи электричества, подобномъ теченію воды въ рѣкѣ, никто на самомъ дѣлѣ не ду-

*) Вообще, когда мы говоримъ, что для извѣстнаго опыта намъ нуженъ элементъ, рѣчь идетъ обыкновенно не объ одномъ элементѣ, а о нѣсколькихъ или многихъ, такъ или иначе соединенныхъ между собою.

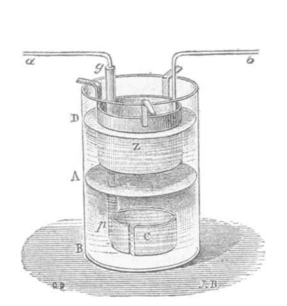
маетъ. Если по проволокѣ токъ идетъ отъ положительнаго полюса къ отрицательному, то въ самомъ элементѣ онъ долженъ идти, наоборотъ, отъ цинка къ мѣди.

Въ настоящее время электрическій токъ получаютъ при помощи элемен-

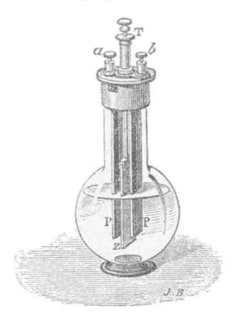


Фиг. 82.—Составленный и разобранный элементъ Даніэля.

товъ, отличныхъ отъ элемента Вольты. *Элементъ Беккереля* (1829 г.), видоизмѣненный англійскимъ ученымъ *Даніэлемъ* въ 1836 г., устроенъ слѣдующимъ образомъ. Въ стеклянный или, лучше, каменный сосудъ, содержащій подкисленную сѣрной кислотой воду, погруженъ—не вполнѣ—цинковый листъ, свернутый въ видѣ цилиндра. Въ этотъ цилиндръ ZZ вставленъ сосудъ изъ пористой глины *v*, содержащій растворъ мѣднаго купороса (сѣрномѣдной соли, сѣрнокислой мѣди), а въ глиняный сосудъ погружена мѣдная пластинка *c*, также свернутая въ видѣ цилиндра (*фиг.* 82). Германскій ученый *Бунзенъ* устроилъ, въ 1843 г., элементъ, сходный съ только что описаннымъ, замѣнивъ мѣдный купоросъ продажной азот-







Фиг. 83.—Элементъ Калло. **Фиг. 84.—Бутылочный элементъ (Грене).**

ной кислотой (крѣпкой водкой), а мѣдную пластинку—пластинкой кокса (коксъ есть твердый остатокъ, получающійся на стѣнкахъ большихъ полу-цилиндрическихъ печей, или ретортъ при сухой перегонкѣ въ послѣднихъ каменнаго угля, съ цѣлью добыванія свѣтильнаго газа; по измельченіи этого остатка изъ него путемъ давленія приготовляются пластинки). Укажемъ также на видоизмѣненіе Даніэлева элемента — *Калло.* Здѣсь нѣтъ пористаго сосуда (*фиг.* 83); растворъ сѣрномѣдной

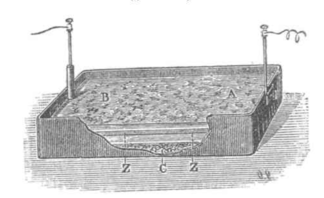
соли занимаетъ нижную часть сосуда BA,—подкисленная сѣрной кислотой вода плаваетъ сверху—AD; въ C расположена мѣдная, въ Z — цинковая пластинка. Проволока, идущая къ C, защищена отъ вліянія жидкостей элемента гуттаперчевымъ футляромъ *gp*. Элементъ Калло весьма употребителенъ на телеграфахъ.

Опишемъ вкратцѣ еще слѣдующіе важные въ практическомъ отношеніи элементы: бутылкообразный элементъ, элементъ Лекланше и элементъ Шаперона и Лаланда.

Бутылочный элементъ (*Грене*) содержитъ смѣшанный растворъ двухромово-каліевой (двухромово-кислаго кали) и сѣрной кислоты; на 1000 частей воды берутъ 100 частей двухромово-каліевой соли и 50 частей сѣрной кислоты. Въ эту жидкость до половины погружены двѣ угольныя пластинки PP, соединенныя между собой мѣдной пластинкой. При помощи прута T, цинкъ можно погрузить въ жидкость или поднять (*фиг.* 84). Цинкъ и угли прикрѣплены къ эбонитовой крышкѣ бутылки.

Въ *элементѣ Лекланше* (*фиг.*95) цинкъ, помѣщающійся въ углу элемента справа, погруженъ въ растворъ нашатыря; уголь вставляется въ пористый сосудъ, въ который насыпана перекись марганца; такимъ образомъ уголь соприкасается и съ растворомъ нашатыря, и съ перекисью марганца. Этотъ элементъ часто употребляется въ электрическихъ звонкахъ.

Въ *элементѣ Шаперона и Лаланда*, которымъ особенно много пользуются въ телефоніи, кислоты нѣтъ. На днѣ четырехугольнаго, неглубокаго желѣзнаго сосуда (*фиг.* 85), въ C, помѣщается мѣдь, окисленная путемъ накаливанія на воздухѣ; кромѣ того, сосудъ содержитъ растворъ поташа, въ который погружена цинковая пластинка ZZ. Отъ соприкосновенія съ воздухомъ жидкость предохраняется слоемъ нефти AB.



Фиг. 85.—Элементъ Шаперона и Лаланда.

Такимъ образомъ, элементъ всегда состоитъ изъ одного или нѣсколькихъ сосудовъ, содержащихъ различныя жидкости, — смотря по элементу, -- въ которыя погружены двѣ пластинки, цинковая и мѣдная или угольная. Къ цинку, который во время дѣйствія элемента разъѣдается жидкостью, прикрѣпленъ кусочекъ мѣди, представляющій собой отрицательный (—) полюсъ элемента,—къ мѣди или углю прикрѣпленъ такой же кусочекъ мѣди, представляющій собой положительный (+) полюсъ элемента. Какое бы устройство ни имѣли элементы, они всегда могутъ быть соединены, какъ объяснено выше, или въ рядъ, послѣдовательно,—или параллельно.

Теперь мы займемся однимъ изъ наиболѣе любопытныхъ дѣйствій электрическаго тока, возбужденнаго въ проволокѣ, концы которой соединены съ полюсами одного элемента или группы нѣсколькихъ элементовъ.

Съ того времени, какъ стали извѣстны явленія магнитизма и электричества, ученые неоднократно убѣждались въ томъ, что магнитная стрѣлка, испытываетъ нѣкоторыя измѣненія въ своихъ свойствахъ или даже совершенно утрачиваетъ ихъ подъ вліяніемъ электрическихъ разрядовъ, напр., молніи; но законы этого явленія и характеръ той связи, которая существуетъ между магнитизмомъ и электричествомъ, оставались совершенно неизвѣстными до знаменательнаго открытія *Эрстеда*.

Гансъ Христіанъ Эрстедъ *) дѣлалъ въ своей лабораторіи многочисленныя попытки открыть взаимодѣйствіе между магнитомъ и проволокой, по которой проходитъ токъ; при этомъ онъ всегда старательно располагалъ проволоку подъ

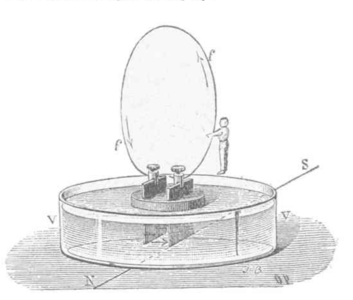
*) Датскій физикъ и химикъ, род. въ Рудкьёбингѣ 14 августа 1777 г., умеръ въ Копенгагенѣ 9-го марта 1851 года.

прямымъ угломъ къ магниту, но не замѣчалъ никакого дѣйствія. Однажды, пытаясь повторить этотъ опытъ предъ своими слушателями, въ копенгагенскомъ университетѣ, онъ случайно помѣстилъ проволоку параллельно магнитной стрѣлкѣ,—и послѣдняя быстро пришла въ колебаніе, а затѣмъ установилась въ положеніи, перепендикулярномъ къ направленію проволоки.

21-го іюля 1820 г. Эрстедъ обнародовалъ великое открытіе, которымъ онъ обогатилъ науку, въ запискѣ, озаглавленной „Опыты относительно дѣйствія электрическаго тока на магнитную стрѣлку". Французскій Институтъ присудилъ Эрстеду золотую медаль за „важное открытіе дѣйствія Вольтова столба на магнитную стрѣлку". Эти опыты, явившіеся первымъ научнымъ указаніемъ на соотношеніе, существующее между электрическимъ токомъ и магнитной стрѣлкой, побудили *Ампера* заняться болѣе подробнымъ изученіемъ этого отношенія, установить его законы и создать то, что извѣстно подъ названіемъ „электромагнитизма". Труды его въ этой области проложили дорогу изслѣдователямъ, ученымъ всѣхъ странъ, такъ что можно утверждать, что *телефонъ*, равно какъ и всѣ наши новѣйшія приложенія электричества къ промышленности, являются непосредственнымъ продолженіемъ и развитіемъ идей Ампера.

Обратимся къ изученію *магнитныхъ дѣйствій*, обнаруживаемыхъ *электрическимъ токомъ*, и въ частности — *магнитныхъ дѣйствій* того, чему мы дали названіе *магнита съ элементомъ*. Эти дѣйствія суть единственно важныя въ телефоніи, а потому они одни должны интересовать насъ въ настоящую минуту.

Соединимъ концы какой-нибудь проволоки *ff* съ полюсами элемента (*фиг.* 87). Проволока образуетъ то, что называютъ внѣшней частью цѣпи; ее иначе называютъ соединительной проволокой, такъ какъ она соединяетъ между собою полюсы. Элементъ образуетъ внутреннюю часть цѣпи. Теперь навьемъ часть проволоки на деревянную палочку или стеклянную трубку, а затѣмъ удалимъ палочку или трубку. Если эту закрученную такимъ образомъ проволоку ввести въ цѣпь, она пріобрѣтаетъ всѣ свойства магнита; будучи подвижна на шарнирѣ, она, подобно магнитной стрѣлкѣ, устанавливается въ направленіи съ сѣвера на югъ *).

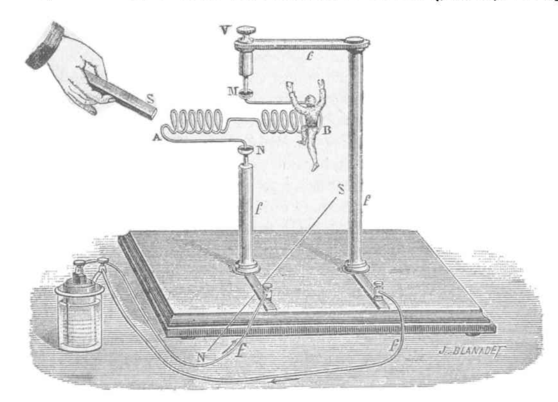


Фиг. 86.—Оріентированіе отдѣльно взятаго оборота спирали.

*) Шарниръ образуется двумя остріями M и N, расположенными на одной вертикальной лині и погруженными въ чашечки со ртутью; этимъ достигается весьма большая подвижность спирали; винтъ V служитъ для надлежащей установки острія M. Всякій подвижный оборотъ спирали, отдѣльно взятый (*фиг.* 86), принимаетъ направленіе, перпендикулярное къ направленію съ сѣвера на югъ, устанавливаясь притомъ такимъ образомъ, что токъ восходитъ въ западной половинѣ проволоки. На фигурахъ 86 и 87 видна человѣческая фигурка, называемая *наблюдателемъ Ампера*

Съ цѣлью дать легкое, краткое и точное обозначеніе различныхъ направленій, принимаемыхъ магнитной стрѣлкой подъ вліяніемъ электрическаго тока, Амперъ прибѣгаетъ къ слѣдующему образному представленію. Если вообразить наблюдателя, лежащаго вдоль проволоки, лицомъ къ стрѣлкѣ, такимъ образомъ, что токъ входитъ въ его ноги и выходитъ черезъ голову, то, какъ показываетъ опытъ, каково бы ни было направленіе проволоки относительно магнитной стрѣлки, наблюдатель увидитъ всегда, что сѣверный полюсъ стрѣлки отклоняется влѣво. Этотъ наблюдатель служитъ вмѣстѣ съ тѣмъ къ опредѣленію полюсовъ снаряда, подобнаго AB. Если наблюдатель помѣщается на спирали такимъ образомъ, что лицо его обращено внутрь снаряда и токъ проходитъ отъ ногъ къ головѣ, то сѣверный полюсъ всегда находится по лѣвую сторону наблюдателя. Само собою разумѣется, что этотъ наблюдатель служитъ только къ точнѣйшему обозначенію магнитныхъ дѣйствій электрическаго тока. Если, напр., магнитная стрѣлка будетъ помѣщена внутри нѣсколькихъ оборотовъ проволоки, то, такъ какъ для всѣхъ оборотовъ положеніе влѣво отъ Амперова наблюдателя будетъ находиться по одну и туже сторону, то ихъ совокупное магнитное поле будетъ отклонять сѣверный полюсъ именно въ эту сторону.

Ея сѣверный и южный полюсы будутъ притягиваться разноименными и отталкиваться одноименными полюсами магнита (*фиг.* 87). На другую подобную же спираль она будетъ дѣйствовать, какъ на магнитъ: ея сѣверный и южный полюсы будутъ притягивать разноименные и отталкивать одноименные полюсы спирали. Наконецъ, если помѣстить ее подъ листъ картона, который осыпается желѣзными опилками, расположеніе послѣднихъ изобразитъ намъ линіи силы, какъ въ опытѣ магнитнаго спектра, представленнаго на фигурѣ 63. Очевидно, слѣдовательно, что снарядъ АВ производитъ поле, такъ какъ, подобно магниту, обнаруживаетъ свое дѣйствіе въ окружающемъ его пространствѣ, безъ видимой связующей среды. Есть ли теперь надобность въ дальнѣйшемъ разъясненіи этого тождества? Не очевидно ли послѣ сказаннаго, что прутъ изъ стали или мягкаго желѣза будучи введенъ въ это поле, долженъ самъ обратиться въ магнитъ? Не должны-ли измѣненія и въ этомъ полѣ производить дѣйствій индукціи вдоль замкнутой проволоки, частью или вполнѣ введенной въ поле? Опытъ подтверждаетъ наши ожиданія. Это поле, ничѣмъ не отличающееся отъ магнитнаго поля, необходимо должно быть названо магнитнымъ полемъ. Лишь только цѣпь *ff* будетъ гдѣ-нибудь разомкнута, прервана, снарядъ АВ тотчасъ же утратитъ всю свою силу. Всю свою жизненность онъ почерпаетъ изъ элемента Р. Этотъ элементъ, безъ сомнѣнія, устанавливаетъ магнитное поле вдоль всей цѣпи *ff* (какъ мы видѣли изъ опыта Эрстеда, гдѣ магнитная стрѣлка отклоняется отъ положенія равновѣсія вблизи какой бы то ни было части цѣпи), но для полученія магнитнаго поля, совершенно сходнаго съ полемъ магнита, необходимо, какъ объяснено выше, придать проволокѣ форму спирали.—Не обязательно-ли послѣ этого дать снаряду АВ названіе „магнита съ элементомъ?“ Онъ представляетъ собою „магнитъ“, потому что во всѣхъ случаяхъ можетъ замѣнить магнитную стрѣлку или полоску, но его дѣйствіе обнаруживается только тогда, когда онъ находится въ связи „съ элементомъ“, завися отъ измѣненій, претерпѣваемыхъ въ послѣднемъ цинковой пластинкой. При этомъ важно замѣтить, что проволока АВ, благодаря элементу, обратится въ магнитъ, изъ какого бы металла она ни была сдѣлана—изъ желѣза, мѣди, серебра и т. д., а не только въ томъ случаѣ, если она желѣзная или стальная.



Фиг. 87.—Соленоидъ и „наблюдатель“ Ампера.

Удивительнымъ открытіемъ магнита съ элементомъ, являющагося душой великихъ современныхъ открытій и практическихъ ихъ приложеній, мы обязаны знаменитому ученому Амперу. Спирали АВ Амперъ далъ названіе *соленоида*, отъ греческаго слова *σωλῆνος*—трубка,—руководствуясь при этомъ именно трубкообразной формой, приданной спирали. Велико было торжество въ ученомъ мірѣ когда Амперъ *) открылъ это свойство соленоидовъ—взаимно притягиваться или

*) Андрэ-Мари Амперъ, род. въ Ліонѣ 22-го января 1775 г., ум. въ Марселѣ 10-го іюня

отталкиваться, смотря по тому, обращены ли они другъ къ другу разноименными, или одноименными полюсами. „Амперу справедливо удивлялись,—говоритъ Жозефъ Бертранъ въ предисловіи къ своей *Термодинамикѣ*,—но, какъ неизбѣжно бываетъ въ подобныхъ случаяхъ, нашлись и люди, умалявшіе его значеніе. „Разъ мы знаемъ,—говорилъ одинъ изъ его хулителей,—что два тока дѣйствуютъ на одинъ и тотъ же магнитъ, развѣ не очевидно, что они должны дѣйствовать другъ на друга!“—„Чѣмъ объяснить,—спрашивалъ себя Амперъ, когда Араго поднесъ къ магнитной стрѣлкѣ два ключа, (*фиг.* 88),—что ключи, оба притягивая стрѣлку, другъ друга, однако, не притягиваютъ“.—То, что казалось инымъ очевидностью, слѣдовательно, было мнимою очевидностью“.

Когда обороты проволоки, образующіе спираль AB, расположены тѣсно другъ около друга въ одинъ или нѣсколько слоевъ, соленоидъ получаетъ названіе *бобины*, или *катушки* *). Катушка обладаетъ тѣми же магнитными свойствами, что соленоидъ, но поле производимое ею, во столько разъ сильнѣе, во сколько разъ бо̀льшее число оборотовъ она содержитъ**). Остановимся теперь на одномъ изъ особенно интересныхъ свойствъ „магнита съ элементомъ“, которое потому заслуживаетъ большого вниманія, что освѣщаетъ, уясняетъ механизмъ телефона съ элементомъ.

Возьмемъ катушку B (*фиг.* 89), внутри которой помѣщена другая катушка B'. Одинъ изъ концовъ проволоки B' соединенъ съ однимъ изъ полюсовъ жемента P, другой конецъ ея прикрѣпленъ къ ножкѣ камертона D. Другая проволока, соединенная съ другимъ полюсомъ элемента кончается въ F, вблизи лѣвой вѣтви камертона. Въ цѣпь катушки B введена рамка съ помѣщенной въ центрѣ ея магнитной стрѣлкой *a*.

Въ тотъ моментъ, когда при колебаніи камертона (вначалѣ, для облегченія наблюденія, будемъ считать, что это колебаніе совершается медленно), лѣвая вѣтвь его касается проволоки F, цѣпь элемента замыкается и катушка B',

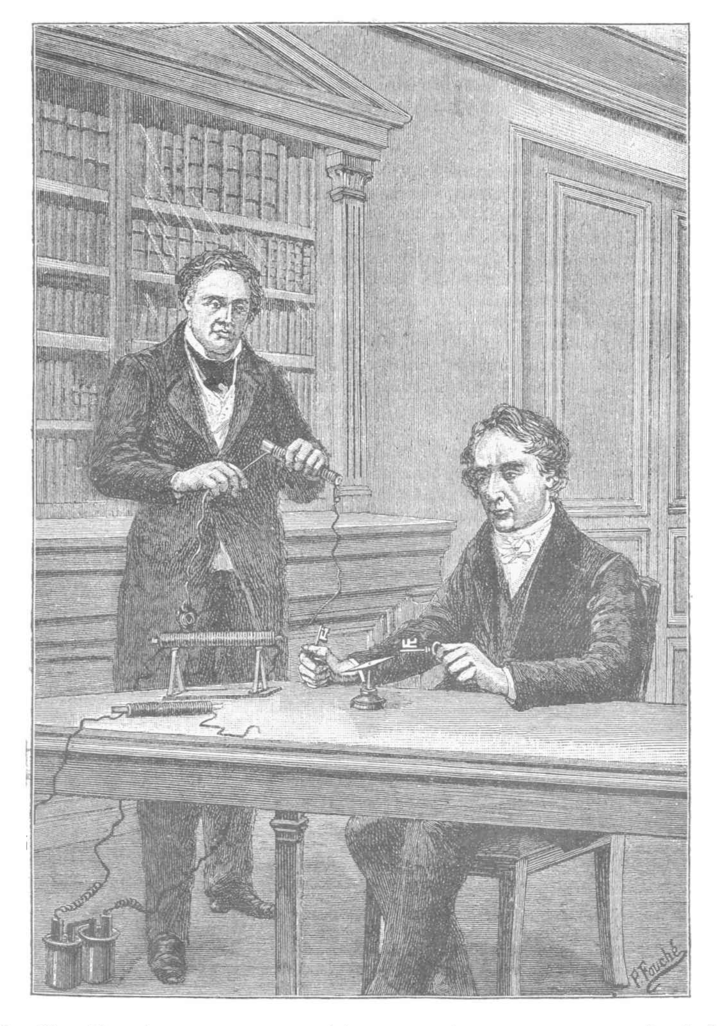
---

1836 г. „Въ первыхъ числахъ сентября 1820 г.,—сказалъ Корню въ своей рѣчи по случаю открытія памятника Амперу въ Ліонѣ,—академія наукъ узнала о наиболѣе замѣчательномъ открытіи въ области электричества со времени трудовъ Гальвани и Вольты: датскій ученый Эрстедъ нашелъ, что проволока, соединяющая полюсы элемента Вольты, дѣйствуетъ на магнитную стрѣлку. Это дѣйствіе, правда, казалось мало понятнымъ, и датскій ученый нѣсколько затемнилъ опытъ страннымъ объясненіемъ, какое онъ пытался ему дать. — Нѣсколько дней спустя это важное открытіе было довершено Амперомъ, давшимъ точное объясненіе всей обстановкѣ опыта: онъ первый создаетъ опредѣленное понятіе объ электрическомъ токѣ, давая ему направленіе и устанавливая знаменитое правило, состоящее въ томъ, что сѣверный полюсъ всегда отклоняется влѣво отъ тока; наука обогащается новой областью — *электромагнитизмомъ*. Съ тѣхъ поръ Амперъ посвящаетъ всѣ силы изученію электромагнитизма, принося все новыя и новыя открытія въ академическія засѣданія. Быстро слѣдовали другъ за другомъ его сообщенія о дѣйствіи токовъ на магниты, о направляющемъ дѣйствіи земного магнитизма на подвижной токъ, о дѣйствіи токовъ на токи,—сообщенія, складывающіяся въ новую часть науки—*электродинамику* и устанавливающія въ концѣ-концовъ полное тождество токовъ и магнитовъ.—Въ теченіе нѣсколькихъ недѣль въ физикѣ произошелъ истинный переворотъ: магнитизмъ, который до того времени считали силой, отличной отъ электричества, перестали считаться таковой; магнитныя свойства, приписывавшіяся исключительно желѣзу и стали, оказались общими всякаго рода проводникамъ, причемъ Амперъ указалъ, что проводникъ долженъ имѣть извѣстную форму для того, чтобы пріобрѣсти свойства настоящаго магнита, именно форму электродинамическаго цилиндра, или соленоида, т. е. спирали, состоящей изъ параллельныхъ оборотовъ; когда по этой спирали проходитъ токъ, концы ея становятся разноименными полюсами; будучи подвѣшена свободно, она поворачивается однимъ концомъ на сѣверъ,—словомъ, пока по ней пробѣгаетъ токъ, она ничѣмъ не отличается отъ настоящаго магнита“.

*) Подъ катушкой здѣсь разумѣется, собственно *обмотка катушки*.

**) Съ шелковой, гуттаперчевой, эбонитовой и т. п. нитью вышеописанныхъ опытовъ произвести нельзя. Шелкъ, гуттаперча и имъ подобныя вещества не проводятъ электрическаго тока, т.-е. намагничивающагося свойства, присущаго элементу. Поэтому всѣ проволоки, употребляемыя при опытахъ, покрываются одними изъ этихъ, такъ называемыхъ, уединяющихъ (изолирующихъ) веществъ. Только при такомъ изолированіи проволоки, сосѣдніе обороты послѣдней въ катушкѣ могутъ касаться другъ друга безъ ущерба для дѣла: токъ вынуждается идти по проволокѣ, чего не было бы въ случаѣ неуединенной проволоки, такъ какъ тутъ рядъ непосредственно прилегающихъ другъ къ другу оборотовъ обратился бы въ настящій металлическій футляръ или *пластинку*, свойства которой весьма отличны отъ свойствъ соленоида.

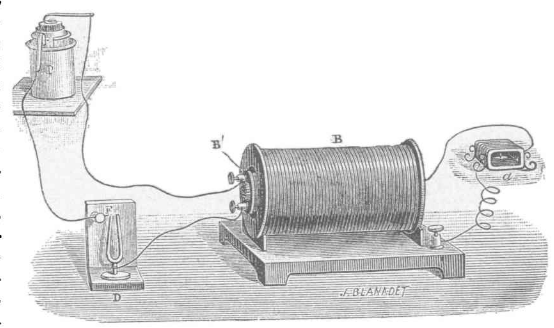
вслѣдствіе этого, обращается въ магнитъ, линіи силы котораго располагаются въ окружающемъ пространствѣ, захватывающемъ и катушку В. Возникновеніе



Фиг. 88.—„Чѣмъ объяснить,—спрашивалъ себя Амперъ, когда Араго поднесъ къ магнитной стрѣлкѣ два ключа"...

этого поля,—произведенное имъ магнитное движеніе,—наводитъ магнитное поле на всемъ протяженіи проволоки катушки В. Въ этомъ убѣждаетъ насъ откло-

неніе указательной стрѣлки *a* по извѣстному направленію. Но въ то мгновеніе, когда, вѣтвь камертона, возвращаясь направо, перестаетъ касаться проволоки F, цѣпь элемента размыкается, катушка B′ теряетъ свои магнитныя свойства, линіи силы ея поля исчезаютъ: отсюда—наведеніе новаго поля вдоль проволоки катушки B. На этотъ разъ стрѣлка *a* отклоняется уже по обратному съ прежнимъ направленію. Новое колебаніе камертона D произведетъ новое магнитное колебаніе вдоль проволоки катушки B. Словомъ, магнитная среда, окружающая проволоку катушки B, будетъ колебаться съ тѣмъ же ритмомъ, что и камертонъ. Еслибы періодъ колебанія камертона былъ достаточно коротокъ для того, чтобы камертонъ могъ издавать звукъ, и магнитныя колебанія вокругъ проволоки B получались въ болѣе или менѣе видоизмѣненномъ телефонѣ Белля, то упругая пластинка у послѣдняго, какъ обстоятельно объяснено въ предыдущей главѣ, колебалась бы и воспроизводила бы звукъ камертона. Пріемникъ, какъ намъ извѣстно, обладаетъ способностью превращать нѣмыя колебанія магнитной среды въ колебанія звуковыя,—говорить подъ вліяніемъ магнитнаго движенія.



Фиг. 89.—Индукціонная катушка: B′—индуктирующая (наводящая), B—индуктируемая (наводимая) катушки.

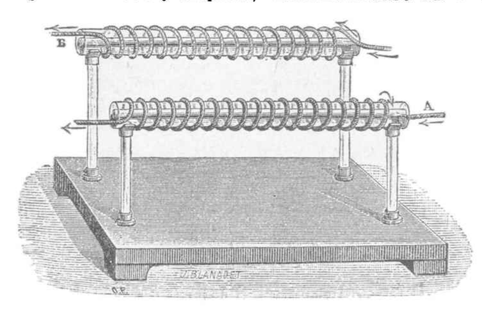
Магнитъ съ элементомъ, или катушку B′ часто называютъ *индуктирующей* (или *наводящей*), а катушку B—*индуктируемой* (или *наводимой*); обѣ вмѣстѣ составляютъ *индукціонную катушку*. Соединяя концы проволоки какой-нибудь катушки съ концами свободной проволоки, мы замыкаемъ цѣпь этой катушки. Разумѣется, что длина и расположеніе замыкающей проволоки не играютъ при этомъ никакой роли.

Цѣпь наводящей катушки B′ называется *первичной*, цѣпь катушки B—*вторичной* цѣпью. Поле, наведенное вокругъ вторичной цѣпи, можно значительно усилить, помѣщая внутри наводящей катушки желѣзный брусокъ или пучекъ желѣзныхъ проволокъ, отдѣленныхъ другъ отъ друга расплавленнымъ гуммилакомъ. Причину этого легко будетъ понять изъ нижеслѣдующаго. *Араго* *) открылъ, что стальная стрѣлка, помѣщенная перпендикулярно къ проволокѣ, введеной въ цѣпь элемента, становится магнитомъ. Амперъ замѣтилъ, что гораздо легче приготовить магнитъ, вводя стальной брусокъ въ соленоидъ. (Желѣзный брусокъ при этомъ намагничивается лишь на то время, пока онъ находится въ соленоидѣ). Со времени Ампера стальные стержни или полосы намагничиваются слѣдующимъ образомъ: кусокъ стали помѣщается внутри стеклянной трубки, на которую намотана покрытая шелкомъ проволока, и по послѣдней пропускается сильный токъ. Этимъ-то быстрымъ и удобнымъ способомъ приготовляются въ настоящее время искусственные магниты.

На фигурѣ 90 представлены двѣ намагничивающія спирали съ противо-

*) Доминикъ-Франсуа Араго, род. 26-го февраля 1786 г., въ Эстажелѣ (Восточныя Пиренеи), умеръ въ Парижѣ 2-го окт. 1853 г., 23-хъ лѣтъ былъ избранъ въ члены академіи наукъ; былъ профессоромъ Политехнической школы и директоромъ Парижской обсерваторіи.

положными по направленію навивками. Найдемъ, гдѣ долженъ находиться сѣверный полюсъ у стержня, намагниченнаго въ спирали А. Для этого стоитъ только вообразить Амперова наблюдателя лежащимъ лицомъ къ спирали, вдоль одного изъ оборотовъ, такимъ образомъ, что токъ входитъ въ его ноги и выходитъ черезъ голову; если бы стержень былъ подвиженъ, то къ сѣверу повернулся бы тотъ его конецъ, который помѣщается по лѣвую сторону наблюдателя; слѣдовательно, этотъ конецъ и есть сѣверный полюсъ. На рисункѣ онъ находится у А. Для второй спирали онъ находится, наоборотъ, на концѣ В.



Фиг. 90.—Приготовленіе искусственныхъ магнитовъ.

Стержень изъ мягкаго желѣза, помѣщенный внутри спирали или катушки, называется „электромагнитомъ", т.-е. магнитомъ, получаемымъ при дѣйствіи электрическаго тока *).

Вернемся къ нашей индукціонной катушкѣ и посмотримъ, что происходитъ въ ней. Намагничивая наводящую катушку, элементъ въ то же время намагничиваетъ и мягкое желѣзо. Катушка В должна повиноваться такимъ образомъ не только колебаніямъ поля наводящей катушки В', но и колебаніямъ поля намагниченнаго мягкаго желѣза, причемъ сочетанное дѣйствіе того и другого поля должно сильнѣе вліять на магнитную среду, окружающую вторичную проволоку,—наводить въ ней болѣе сильное поле, нежели въ случаѣ одной наводящей катушки. Сила индукціонной катушки будетъ также зависѣть отъ числа оборотовъ проволоки въ катушкѣ В' и В и отъ разстоянія между оборотами. Такимъ образомъ строитель катушки располагаетъ извѣстнымъ выборомъ средствъ для приданія аппарату той или иной силы; онъ можетъ выбрать подходящей силы элементъ для наводящей катушки, извѣстную длину обмотки катушекъ В и В', а также то или иное число желѣзныхъ проволокъ, образующихъ ядро наводящей катушки; при надлежащемъ разсчетѣ, онъ можетъ вызвать магнитное движеніе во вторичной цѣпи какой угодно длины.

Въ томъ-то и состоитъ неоцѣнимое преимущество *телефона съ элементомъ*, что онъ позволяетъ вести разговоръ на какомъ угодно большомъ разстояніи, чего не достигается при *телефонѣ съ магнитомъ* въ собственномъ смыслѣ, гдѣ вся сила аппарата зависитъ отъ слабыхъ движеній тонкой желѣзной пластинки, колеблющейся въ полѣ магнита.

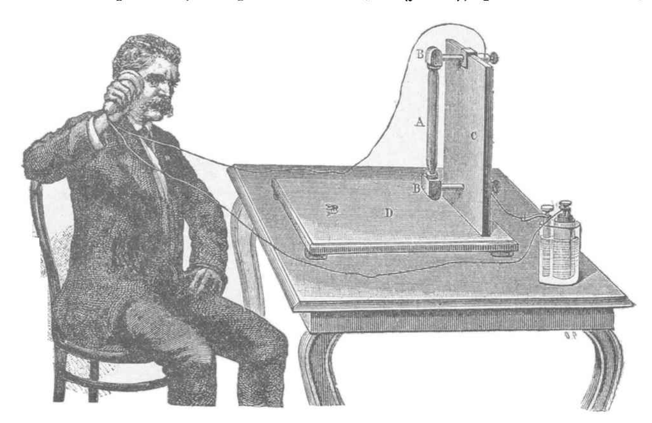
Итакъ, пользуясь индукціонной катушкой, мы въ состояніи передавать колебанія камертона D въ магнитный пріемникъ, введенный во вторичную цѣпь, на какомъ бы разстояніи послѣдній ни находился. Но это относится не только

*) Вотъ какъ Корню, въ вышеуказанной рѣчи, характеризуетъ роль открытія электромагнита въ наукѣ и въ практической жизни: „Нѣтъ такого открытія, со времени изобрѣтенія книгопечатанія, которое могло бы, по важности своей, сравниться съ открытіемъ электромагнита: послѣдній является душой всѣхъ приложеній электричества, всѣхъ достигнутыхъ въ этой области успѣховъ. Если мы сдѣлали электричество своимъ вѣрнымъ и быстрымъ гонцомъ, если, благодаря этой силѣ, телеграфъ, телефонъ и удивительныя, по своему огромному дѣйствію, машины оказываютъ намъ столь необыкновенныя и разнообразныя услуги; если отъ конца въ конецъ земного шара мы можемъ передавать мысль, самую рѣчь, свѣтъ и силу,—то *всѣмъ этимъ мы обязаны электромагниту, т.-е., въ сущности, соленоиду Ампера*; его мы неизмѣнно встрѣчаемъ всюду, гдѣ совершается какое-либо изъ этихъ чудесъ.

къ звуку камертона, но и къ самому голосу человѣческому, къ самой рѣчи. Это трудное дѣло осуществляется замѣною камертона **микрофономъ**.

Понять дѣйствіе микрофона будетъ намъ весьма нетрудно. Обратимся къ фигурѣ 89. Для того, чтобы произошло измѣненіе въ магнитномъ полѣ наводящей катушки и ея желѣзнаго ядра, нѣтъ необходимости, чтобы цѣпь элемента была явно прервана,—для этого, какъ замѣтилъ *Дю-Монсель* въ 1856 г., достаточно уже одного измѣненія въ характерѣ соприкосновенія между двумя смежными отдѣлами цѣпи, въ нашемъ случаѣ — между D и F. Лишь только измѣняется то давленіе, какое оказываютъ другъ на друга части D и F, тотчасъ же измѣняется и наводящее поле катушки B′, результатомъ чего является наведенное поле вдоль вторичной цѣпи. Подобныя измѣненія легко получаются, какъ показалъ *Клеракъ* въ 1865 г., при помощи введеннаго въ цѣпь угольнаго цилиндрика, который снабженъ винтомъ, позволяющимъ сжать этотъ цилиндрикъ больше или меньше. При этомъ замѣчается, что сжатіе угля и освобожденіе его отъ сжатія производятъ отклоненіе помѣщенной вблизи цѣпи магнитной стрѣлки въ противоположныя стороны. Въ 1876 г. *Эдиссонъ* примѣнилъ идею подобнаго цилиндрика къ устройству телефоннаго передатчика: между діафрагмой, предъ которой говорятъ (эта пластинка, какъ въ телефонѣ Белля, расположена на днѣ амбушюра съ широкимъ отверстіемъ), и угольнымъ кружкомъ, замѣняющимъ камертонъ D, Эдиссонъ помѣщаетъ пуговку изъ слоновой кости (или платиновую), прижимающуюся одновременно къ упругой пластинкѣ и къ углю. Всякое перемѣщеніе діафрагмы въ сторону угольнаго кружка при посредствѣ пуговки увеличиваетъ сжатіе угля, а движеніе въ противоположную сторону уменьшаетъ его. Эти измѣненія давленія, совпадающія по ритму съ звуковыми волнами, отъ которыхъ эти измѣненія происходятъ, достаточны для того, чтобы индукціонная катушка дѣйствовала, а слѣдовательно, и для того, чтобы пріемникъ говорилъ. Въ томъ же году *Юзъ* *) предложилъ другой, гораздо лучшій и вошедшій во всеобщее употребленіе, способъ измѣненія соприкосновенія между смежными частями первичной цѣпи. Передатчики, устроенные по этому способу, носятъ названіе „микрофонныхъ передатчиковъ“, такъ какъ всѣмъ они устроены по идеѣ *микрофона Юза*, который мы сейчасъ опишемъ.

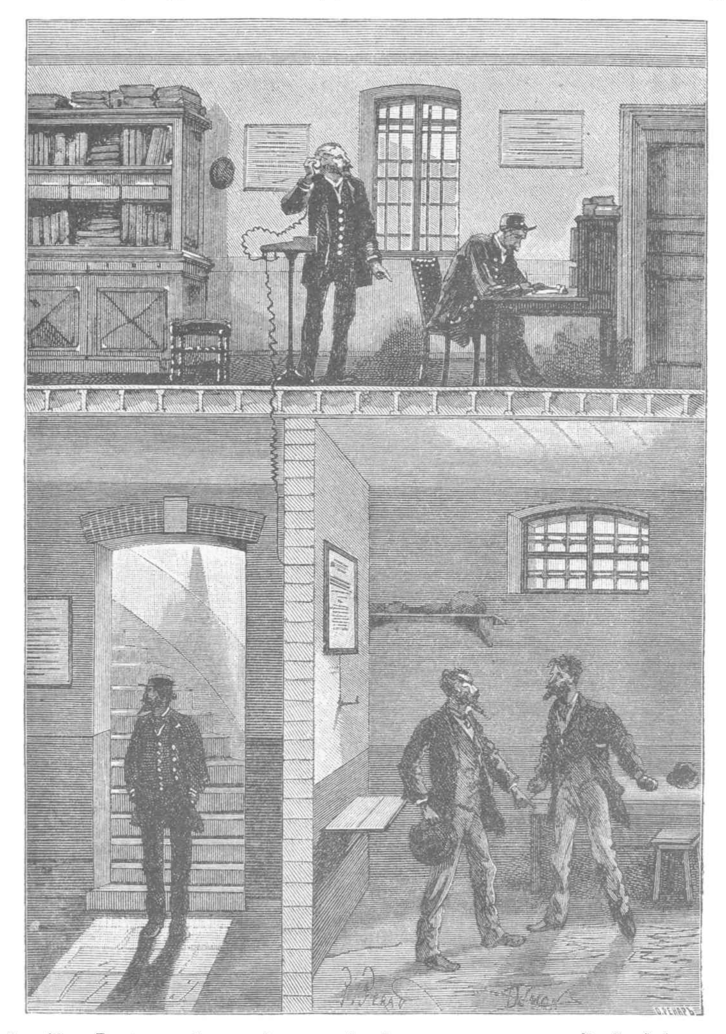
Угольный стержень A, заостренный на концахъ (*фиг.*91), прижимается къ двумъ



Фиг. 91.—Юзъ и его микрофонъ.

*) Д. Е. Юзъ род. въ Лондонѣ въ 1832 г., изобрѣтатель печатающаго телеграфа.

кусочкамъ угля BB, укрѣпленнымъ на дощечкѣ C. Эта дощечка сама укрѣплена вертикально на другой дощечкѣ D, установленной на столѣ на резиновыхъ под-

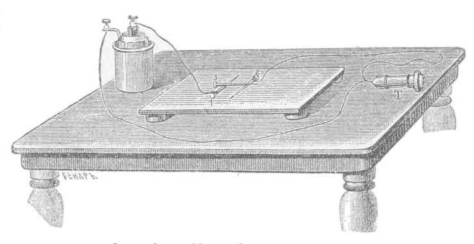


Фиг. 92.—„Ховьйское ухо", или „таблица-микрофонъ", при помощи котораго въ Нью-Іоркѣ были открыты виновники одного преступленія.

кладкахъ, устраняющихъ передачу микрофону колебаній стола. Если ввести этотъ микрофонъ въ первичную цѣпь индукціонной катушки, то въ пріемникѣ

мы услышимъ всѣ звуки, доносящіеся до микрофона. Звуковыя волны, измѣняя соприкосновеніе угольнаго стержня съ поддерживающими его кусочками угля. наводятъ магнитныя колебанія, переносящія эти же звуковыя волны туда, гдѣ помѣщается пріемникъ.

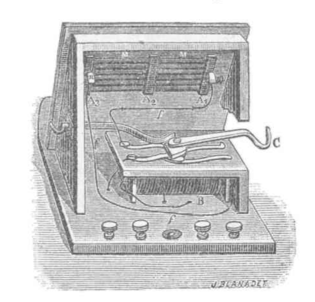
На фигурѣ 91 индукціонной катушки нѣтъ. Дѣйствительно, опытъ удается и въ томъ случаѣ, когда имѣется только одна цѣпь, въ которую вводятся и микрофонъ, и пріемный телефонъ, но при употребленіи индукціонной катушки несомнѣнно достигается значительно лучшая передача. Когда муха прогуливается по подставкѣ микрофона, въ телефонѣ слышится какъ бы „топотъ лошади"; „становится слышнымъ, —по словамъ Юза,—даже крикъ мухи, особенно ея предсмертный крикъ; отчетливо передается телефономъ малѣйшее треніе о подставку, производимое бородкой пера, шумъ совершенно не доступный невооруженному уху *)". Вотъ чему приборъ Юза обязанъ своимъ названіемъ *микрофона*: онъ позволяетъ ясно слышать въ телефонѣ самые слабые звуки—даже крикъ мухи!—Микрофонъ можетъ быть устроенъ не только при помощи угля. Доказательствомъ служитъ слѣдующій опытъ Юза. На дощечку (*фиг.* 93) кладутъ два гвоздя—1, 2, соединивъ противоположные концы ихъ съ полюсами элемента; между однимъ полюсомъ и соединеннымъ съ нимъ гвоздемъ 2 вводятъ телефонъ, и цѣпь дополняютъ, замыкаютъ третьимъ гвоздемъ 3, положеннымъ на оба первые. Малѣйшее движеніе, сообщающееся дощечкѣ, измѣняя соприкосновеніе гвоздя 3 съ гвоздями 1 и 2, влечетъ за собой измѣненіе силы тока, которое, въ свою очередь сопровождается перемѣщеніемъ пластинки телефона Т. Положите на дощечку карманные часы, или пусть муха прогуливается по ней,—и въ телефонѣ послышится сильный шумъ.—Но при устройствѣ телефоновъ все-таки предпочитаютъ уголь, какъ вещество неокисляющееся.



Фиг. 93.—Микрофонъ съ гвоздями.

Микрофонъ можно скрыть за какай-нибудь таблицей, и провести его проволоки чрезъ стѣну въ отдаленную комнату, гдѣ будетъ слышно все, что говорится вблизи микрофона. Такой микрофонъ—таблица былъ экспонированъ на Всемірной выставкѣ 1889 г., съ объясненіемъ къ нему, озоглавленнымъ: „Хозяйское ухо". Въ Нью-Іоркѣ это „ухо" уже сослужило важную службу суду, который, благодаря ему, открылъ виновниковъ одного преступленія. Заподозрѣнныхъ умышленно оставили въ одной комнатѣ, гдѣ былъ скрытъ микрофонъ, соединенный съ телефономъ, находившимся въ конторѣ смотрителя тюрьмы. Послѣдній, такимъ образомъ, имѣлъ возможность подслушать и тутъ же записать разговоръ, который вели между собой арестанты.

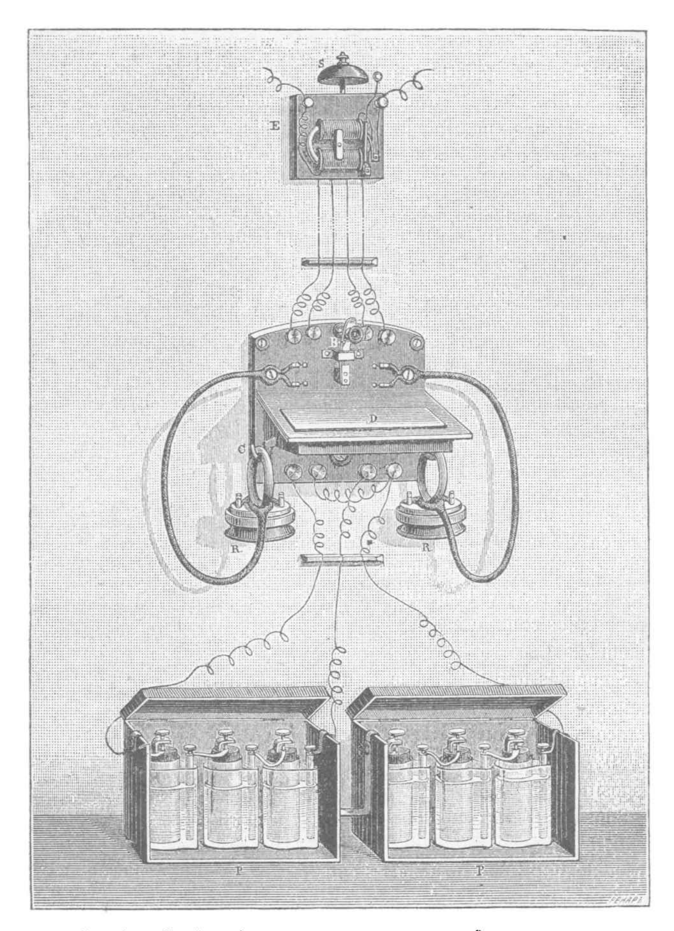
Микрофонные передатчики, употребляющіеся въ практикѣ, нѣсколько сложнѣе вышеописанныхъ. Скажемъ сначала о *передатчикѣ Адера*, наиболѣе употребительномъ во Франціи.



Фиг. 94.—Внутреннее устройство передатчика Адера.

*) Дю-Монсель, *Микрофонъ*, 1882 г.

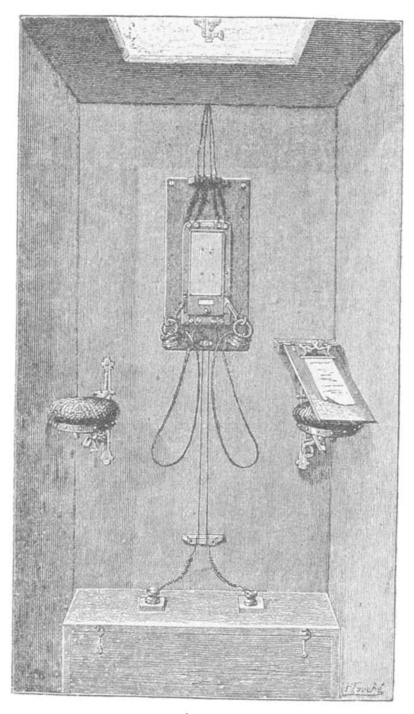
Внутреннее устройство его видно изъ фиг. 94, а наружный видъ и подробности расположенія частей—изъ фиг. 95. Подъ тоненькой еловой дощечкой—D, наклоненной на подобіе крышки пюпитра, расположено двѣнадцать микрофоновъ Юза ММ. Концы этихъ двѣнадцати угольныхъ стерженьковъ прикасаются къ тремъ



Фиг. 95.—Телефонъ Адера: аппаратъ, предназначенный для подписчика.

тоже угольнымъ брускамъ A_1 A_2 A_3, прикрѣпленнымъ къ дощечкѣ D въ поперечномъ относительно стерженьковъ направленіи. Въ *m* и *n* соединены съ приборомъ концы первичной обмотки *ff* индукціонной катушки B, которая, какъ всегда, соединена съ элементомъ — лучше сказать, съ батареей изъ элементовъ, т. е. съ группой элементовъ, соединенныхъ тѣмъ или инымъ способомъ. Проволока вторичной цѣпи направляется къ пріемному телефону. На крючки,

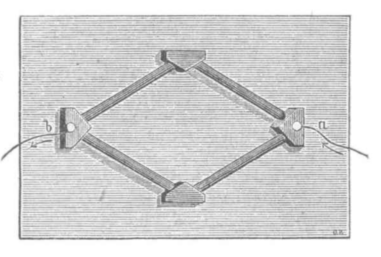
придѣланные къ пюпитру справа и слѣва, вѣшаются два пріемника — для праваго и лѣваго уха. Правый крючекъ представляетъ одну особенность, которую необходимо знать. Благодаря извѣстному механизму, представленному на рисункѣ (*фиг.* 94), но интересному только для строителя телефона, крючекъС, когда на него вѣшаютъ пріемникъ, опускается и прерываетъ первичную цѣпь, вслѣдствіе чего приборъ перестаетъ дѣйствовать; по снятіи пріемника, пружина поднимаетъ крючокъ, цѣпь чрезъ это замыкается, и передатчикъ опять начинаетъ дѣйствовать. Многіе обладатели передатчика Адера, не зная этой особенности, испытываютъ немалое затрудненіе при обращеніи съ приборомъ.



Фиг. 96.—Телефонъ д'Арсонваля: аппаратъ для сообщеній между парижской и марсельской биржами.

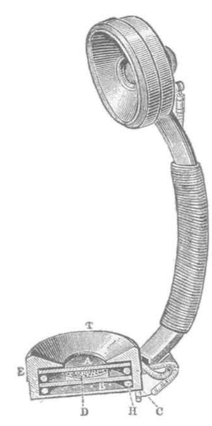
Раньше Адера *Кроссмей* устроилъ передатчикъ, отличающійся отъ передатчика Адера только числомъ и расположеніемъ угольныхъ стерженьковъ (*фиг.* 97), — именно, въ его приборѣ ихъ только четыре и расположены они въ видѣ ромба, образуя восемь пунктовъ соприкосновенія; въ передатчикѣ Адера такихъ пунктовъ какъ извѣстно, двадцать четыре.

Почему подобные передатчики не расположены вертикально? Казалось бы, гораздо удобнѣе говорить предъ вертикальной дощечкой, помѣщенной въ уровень со ртомъ, нежели наклоняться надъ пюпитромъ. Но дѣло въ томъ, что при вертикальномъ положеніи стерженьковъ приборъ дѣйствуетъ плохо; это объясняется слишкомъ свободнымъ въ этомъ случаѣ скольженіемъ верхнихъ концовъ стерженьковъ около своей опоры, что влечетъ за собой чрезмѣрныя и безпорядочныя перемѣщенія послѣднихъ, отзывающіяся непріятнымъ шумомъ въ пріемникѣ. При горизонтальномъ же расположеніи стерженьковъ это неудобство устраняется собственной тяжестью послѣднихъ, регулирующей ихъ движенія и обезпечивающей надлежащее соприкосновеніе. Тѣмъ не менѣе, можно придать дощечкѣ и вертикальное положеніе, воспользовавшись какою-либо иною силою,



Фиг. 97.—Микрофонный передатчикъ Кросслея.

играющей одинаковую роль съ силою тяжести; такъ, напр., можно воспользоваться надлежащимъ образомъ устроенными пружинами или давленіемъ жидкостей, напр. ртути, на соприкасающіяся тѣла. Остроумно разрѣшена эта задача *Полемъ Беромъ и д'Арсонвалемъ* при помощи слѣдующаго простого приспособленія. Средняя часть каждаго стерженька окружается жестяной оболочкой, а вблизи прибора помѣщается магнитъ. Послѣдній, притягивая жестяныя оболочки, тѣмъ самымъ способствуетъ болѣе тѣсному соприкосновенію стерженьковъ съ поддерживающими ихъ брусками. Измѣняя положеніе регулирирующаго магнита, легко измѣнять степень подвижности стерженьковъ, а чрезъ это и чувствительность прибора. Именно этотъ передатчикъ, называемый *передатчикомъ съ магнитной регуляціей* и употребляется въ телефонахъ, служащихъ для передачи на большое разстояніе, напр. для телефонныхъ сообщеній между парижской и марсельской биржами (*фиг.* 96). Для центральныхъ станцій, назначенія которыхъ—соединять между собой абонентовъ, живущихъ въ одномъ и томъ же городѣ, принятъ *передатчикъ Бертона*. Этотъ приборъ (*фиг.* 98) состоитъ изъ двухъ угольныхъ кружковъ A и B, имѣющихъ около $1^1/_2$ миллиметра толщины и 6 сантиметровъ, въ діаметрѣ *) и отдѣленныхъ другъ отъ друга резиновымъ колечкомъ C. Между кружками находится чашечка D, высотой меньше, нежели колечко, наполненная мелко-раздробленнымъ коксомъ, который при наклоненіи прибора приходитъ въ соприкосновеніе съ кружкомъ A. Все это укрѣплено въ эбонитовомъ ящикѣ E, въ нижней части котораго продѣланы отверстія. Кружокъ B отдѣляется отъ дна этого ящика резиновымъ кольцомъ H. Понятно, что при различной степени наклоненія прибора, соприкосновеніе между зернами кокса и кружкомъ A будетъ неодинаково тѣсно; такимъ образомъ чувствительность прибора регулируется степенью наклоненія его; наилучшее дѣйствіе достигается при наклоненіи подъ угломъ 45°—55°. На рисункѣ (*фиг.* 98) виденъ передатчикъ Бертона, соединенный помощью металлической ручки съ пріемникомъ Адера A. Форма ручки такова, что пріемникъ самъ собою прикладывается къ уху при приближеніи ко рту передатчика.



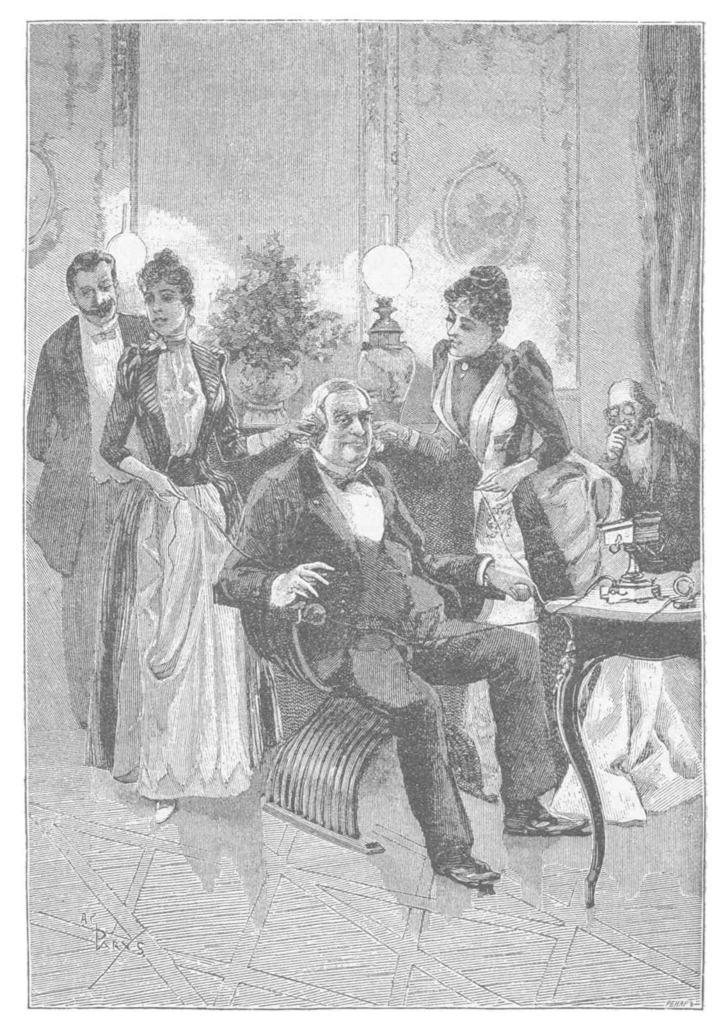
Фиг. 98.—Передатчикъ Бертона-Адера.

Есть превосходно дѣйствующіе микрофоны съ контактомъ (соприкосновеніемъ) въ одномъ только мѣстѣ. Изъ нихъ мы опишемъ *микрофонъ Эдиссона*, устроенный имъ въ 1878 г.,— не потому, чтобы онъ имѣлъ какое-нибудь преимущество предъ другими, но потому, что мы употребимъ его въ опытѣ *телефонографіи*, о которой у насъ скоро будетъ рѣчь. Этотъ приборъ, представленный здѣсь на фигурѣ 100, слѣдующимъ образомъ описанъ въ американскомъ *Телеграфномъ Журналѣ*:

„Передатчикъ укрѣпленъ въ четырехугольномъ ящикѣ съ незначительно выступающимъ амбушюромъ. Слюдяная діафрагма D укрѣплена при помощи рамки и металлической пружины, помѣщающихся въ крышкѣ ящика. Къ центру діафрагмы при помощи металлической гайки B, соединенной съ однимъ изъ полюсовъ батареи, прикрѣпленъ эбонитовый наугольникъ CC′, въ которомъ противъ гайки сдѣлано углубленіе для одного конца угольнаго стерженька FG. Конецъ F покрытъ мѣдью, а конецъ G прикасается къ платиновой пружинѣ H, прикрѣпленной къ концу C′ эбонитоваго наугольника. На свободномъ концѣ этой пружины находится тяжесть I. Давленіе пружины регулируется винтомъ J“.

Повторяемъ еще разъ, что микрофонный передатчикъ здѣсь, какъ всегда, вводится въ первичную цѣпь индукціонной катушки, соединенной съ элементомъ,

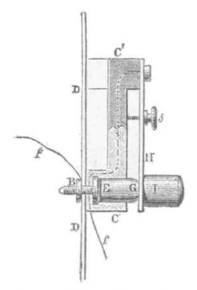
*) 1 сантиметръ=10 миллиметрамъ=4 линіямъ (см. примѣч. къ стр. 29).



Фиг. 99.—„Магнитныя колебанія чрезъ тѣло первыхъ двухъ лицъ передаются уху слушающаго“...

а катушка пріемника составляетъ, наоборотъ, часть вторичной цѣпи той же индукціонной катушки.

Можетъ ли микрофонный передатчикъ употребляться въ качествѣ пріемника, можетъ ли онъ подъ вліяніемъ сообщенныхъ ему магнитныхъ колебаній воспроизводить рѣчь, — другими словами, обладаетъ ли онъ свойствомъ оборотности, подобно магнитному телефону, который можетъ безразлично передавать или воспроизводить рѣчь? Опытъ отвѣчаетъ на этотъ вопросъ утвердительно, но микрофонъ вообще слабый и весьма капризный говорунъ,—говоритъ покуда ему хочется... По этой причинѣ оборотность микрофона остается безъ практическаго приложенія и представляетъ лишь теоретическій интересъ.



Фиг. 100.—Микрофонный передатчикъ Эдисона.

Замѣтимъ, что всякое тѣло, при надлежащемъ расположеніи, можетъ служить пріемникомъ. Приведемъ по этому поводу весьма любопытный опытъ, слѣдующимъ образомъ описанный въ *Телефонѣ* Дю-Монселя: „Два человѣка берутъ каждый въ одну руку по одной изъ двухъ проволокъ, идущихъ отъ передатчика, затѣмъ каждый изъ нихъ прикладываетъ палецъ свободной руки къ уху третьяго, причемъ необходимо, чтобы рука, приложенная къ проволокѣ, была голая, а свободная рука — въ перчаткѣ. Тогда это третье лицо можетъ отчетливо слышать все, что поютъ или говорятъ предъ передатчикомъ (*фиг.* 99). Въ этомъ опытѣ магнитныя колебанія чрезъ тѣло первыхъ двухъ лицъ передаются уху слушаюго лица, которое, такимъ образомъ, является пріемникомъ, между тѣмъ какъ слуховыя косточки, соприкасающіяся между собой, играютъ роль настоящаго микрофона".

Существуетъ другой, также весьма интересный опытъ. Тутъ передаточный телефонъ не приближаютъ ко рту, а просто прикладываютъ къ какой-нибудь части своего тѣла, въ сосѣдствѣ съ грудью. „Было высказано утвержденіе,— говоритъ Дю-Монсель,—что безразлично, къ какой части тѣла приложить телефонъ; но мнѣ лично удавалось передавать свою рѣчь, даже сквозь платье, только въ томъ случаѣ, когда я прикладывалъ телефонъ плотно къ груди, и притомъ говорилъ очень громко. Отсюда возникаетъ предположеніе, что все человѣческое тѣло принимаетъ участіе въ произведенныхъ голосомъ колебаніяхъ, которыя, такимъ образомъ, передаются пластинкѣ передаточнаго телефона уже не чрезъ воздухъ, а чрезъ само тѣло".

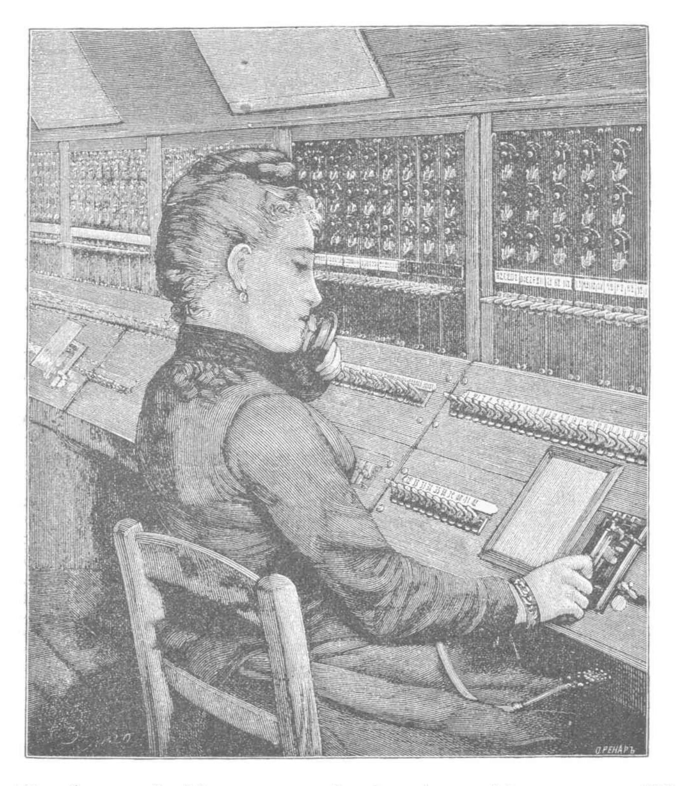
Не менѣе замѣчательная особенность телефонной передачи обнаруживается изъ слѣдующаго. Если положить телефонъ, футляромъ, на карманные часы, то бой послѣднихъ слышится необыкновенно громко; при помощи телефона, приложеннаго къ землѣ, мы можемъ отчетливо слышать, какъ гдѣ-нибудь вдали проѣзжаетъ карета, проходитъ желѣзнодорожный поѣздъ или идутъ войска.

Дѣйствіе микрофона истолковывается до сихъ поръ различными учеными весьма различнымъ образомъ. По мнѣнію Юза, измѣненія контактовъ происходятъ вслѣдствіе измѣненій, производимыхъ звуковыми волнами въ колебаніяхъ, сообщающихся электрическимъ токомъ молекуламъ микрофона. Берлинеръ приписываетъ ихъ измѣненіямъ въ толщинѣ слоя того воздуха, который находится между различными соприкасающимися тѣлами; участіемъ воздуха можетъ быть объяснено то, почему хорошими микрофонами служатъ именно уголь и вообще порошкообразныя вещества. По мнѣнію другихъ, измѣненія контактовъ происходятъ вслѣдствіе измѣненій длины, напряженности и формы искорокъ, пробѣгающихъ между шероховатостями микрофонныхъ контактовъ.

Юзъ объясняетъ дѣйствіе микрофона также предполагаемымъ имъ общимъ свойствомъ всякой цѣпи—издавать звукъ подъ вліяніемъ колебательнаго магнитнаго поля. Однако, существуетъ другое мнѣніе, по которому звуковыя вол-

ны происходятъ благодаря измѣненію температуры контактовъ, а чрезъ это и окружающаго воздуха, подъ вліяніемъ магнитныхъ колебаній: при повышеніи температуры воздуха, послѣдній разрѣжается, при пониженіи ея — сгущается; эти-то послѣдовательныя сгущенія и разрѣженія, передаваясь отъ частицы къ частицѣ, и производятъ звуковыя волны.

Излишне объяснять, что, введя пріемникъ на пути телефонной проволоки между двумя станціями, въ то время, когда два лица переговариваются, можно



Фиг. 101.—„Сидячее отдѣленіе", открытое на телефонной станціи на аллеѣ Оперы 1-го января 1890 г.

прекрасно слышать этотъ разговоръ. Для этого даже нѣтъ надобности перерѣзывать проволоку и концы соединять съ вводимымъ магнитнымъ пріемникомъ,— достаточно привести въ соприкосновеніе обѣ проволоки этого пріемника съ телефонной линіей въ двухъ какихъ-либо точкахъ, или, выражаясь технически, помѣстить пріемникъ въ „отводѣ" отъ телефонной линіи.

Нерѣдко телефонная линія бываетъ нескромна — сообщаетъ то, что передается черезъ сосѣднія линіи. Объясняется это тѣмъ, что послѣднія по отношенію къ первой играютъ въ этомъ случаѣ ту же роль, что наводящая катушка

но отношенію къ наводимой,—словомъ, между сосѣдними линіями нерѣдко происходитъ взаимная индукція, что непріятно подчасъ мѣшаетъ разговору.

Иногда подъ вліяніемъ телефонной линіи начинаютъ говорить различныя части того зданія, надъ которымъ линія проведена. Приведемъ по этому поводу сообщеніе начальника Люневильскаго инженернаго батальона, Крепо̀, сдѣланное въ Обществѣ поощренія національной промышленности 13-го іюня 1879 г.

„Въ Люневилѣ, въ числѣ прочихъ телефонныхъ линій, есть одна, имѣющая довольно первобытное устройство. Проволока, больше линіи толщиной и очень натянутая, прикрѣпляется къ столбу надъ крышей амбара, а на разстояніи двухъ футовъ вплотную обходитъ подъ тупымъ угломъ футляръ кирпичной трубы, принадлежащей сосѣднему зданію. Труба эта соотвѣтствуетъ печи одной изъ комнатъ, находящихся въ первомъ этажѣ. Когда переговариваются по этому телефону, то рѣчь воспроизводится не только пріемникомъ,—который, надо замѣтить, приходится подносить къ самому уху,—но страннымъ образомъ при этомъ *начинаетъ говорить и труба*, къ которой прилегаетъ проволока, *и печь;* человѣкъ лежащій въ упомянутой комнатѣ, *слышитъ все, что передается по проволокѣ*, лучше, нежели лица, вооруженные пріемниками. Все это не измѣнилось и тогда, когда проволока была уединена отъ трубы при помощи стеклянныхъ пластинокъ.

„Подобное же явленіе повторяется и на наиболѣе удаленной станціи, находящейся въ разстояніи около 100 саженъ. Тутъ подземная часть проволоки сопровождаетъ цинковую водосточную трубу, развѣтвленія которой переходятъ въ каменные желоба: въ этомъ случаѣ *говорятъ камни*. Мнѣ приходилось слышать, что способностью говорить обладаетъ всякая точка соприкосновенія на пути телефонной линіи; такъ, если нѣсколько оборотовъ проволоки навить на вбитый въ стѣну гвоздь, то образовавшійся при этомъ *узелъ начнетъ говорить*. Весьма вѣроятно, поэтому, что описанное мною явленіе происходитъ именно вблизи подобныхъ точекъ прилеганія, соприкосновенія".

Можно допустить, что описанное явленіе однородно съ тѣмъ, которое обнаруживается при употребленіи микрофона въ качествѣ пріемника: въ первомъ случаѣ оно происходитъ въ точкахъ соприкосновенія проволоки съ предметами, ее поддерживающими,—во второмъ,—въ мѣстахъ соприкосновенія углей. Передача же колебаній, возникающихъ въ мѣстахъ прикосновенія проволоки, различнымъ частямъ зданія есть явленіе простой передачи молекулярнаго колебательнаго движенія, которую мы разсмотрѣли, говоря объ игрушечномъ телефонѣ и объ опытѣ проф. Липмана (*фиг.* 56). Но тѣмъ не менѣе, подобное явленіе покажется совершенно непонятнымъ, сверхестественнымъ большей части простого деревенскаго люда. Легко представить себѣ тотъ ужасъ, который долженъ охватить обитателей какого-нибудь уединеннаго хутора, когда среди темной зимней ночи вдругъ *заговоритъ печь, заговоритъ труба*, къ которой гдѣ-нибудь прилегаетъ телефонная проволока.

На нашихъ рисункахъ представлено общее расположеніе телефоннаго аппарата, предназначеннаго для подписчика (*фиг.* 95) и два различныхъ аппарата на центральной станціи на аллеѣ Оперы (*фиг.* 101 и 102 *).

Теперь мы объяснимъ, какимъ образомъ устанавливается сообщеніе между двумя подписчиками, что̀ для этого должны дѣлать—подписчикъ у себя и телефонистъ на станціи. Телефонисты помѣщаются, всѣ въ рядъ, передъ деревянной перегородкой, вышиной около сажени. Каждый изъ нихъ корреспондируетъ съ пятьюдесятью подписчиками. Къ перегородкѣ прикрѣплены двѣ рамки: въ одной расположено пятьдесятъ „сигнальщиковъ", т.-е. мѣдныхъ, удерживаемыхъ на шарнирахъ, пластинокъ, падающихъ, когда подписчикъ нажимаетъ у себя вызывную пуговку,—въ другой, находящейся ниже первой,—столько же отверстій называемыхъ „соединителями, коммутаторами или штепсельными гнѣздами".

*) Аппаратъ, представленный на фигурѣ 102, предназначенъ исключительно для сообщеній съ биржей.

Посредствомъ вкладыванія штепселя (металлической пробки) въ соотвѣтственное отверстіе устанавливается сообщеніе между телефонистомъ и вызывающимъ подписчикомъ. Наконецъ, подъ этой рамкой расположены другіе соединители, или коммутаторы, для соединенія одного телефониста съ другими, работающими на той же или другой парижской станціи.

Описанная система образуетъ то, что называютъ „группой". На каждой станціи, смотря по важности послѣдней, имѣется отъ двадцати до пятидесяти группъ.

Соединенія бываютъ трехъ родовъ: или требуется соединить двухъ подписчиковъ, принадлежащихъ къ одной и той же группѣ, что̀ бываетъ очень рѣдко,—въ томъ случаѣ, когда подписчики живутъ весьма близко другъ отъ друга; или подписчикъ желаетъ говорить съ лицомъ, принадлежащимъ къ другой группѣ, но къ той же станціи; или, наконецъ, абонентъ переговаривается съ лицомъ, принадлежащимъ къ другой станціи.

Въ первомъ случаѣ, соединеніе производится телефонистомъ весьма быстро,—слѣдующимъ образомъ: онъ вставляетъ штепсель въ коммутаторъ вызывающаго подписчика и, такимъ образомъ, соединивъ себя съ послѣднимъ, слушаетъ его и отвѣчаетъ при помощи описаннаго нами Бертонъ-Адеровскаго пріемника; получивъ отвѣтъ отъ подписчика (который говоритъ предъ дощечкой D своего микрофоннаго пюпитра (*фиг.* 95), а слушаетъ при помощи пріемниковъ R, R, снятыхъ съ крючковъ C, C), телефонистъ даетъ сигналъ вызываемому подписчику, приведя въ дѣйствіе звонокъ ES у послѣдняго; затѣмъ при помощи надлежащаго вкладыванія штепселей соединяетъ себя съ нимъ, перваго подписчика со вторымъ и, наконецъ, посредствомъ спеціальныхъ соединителей устанавливаетъ непосредственное сообщеніе обоихъ подписчиковъ со станціей, такъ что, переговариваясь между собой, они могутъ вмѣстѣ съ тѣмъ вызывать, въ случаѣ надобности, и телефониста.

Во второмъ случаѣ, телефонистъ, обязанный знать *подписчиковъ всѣхъ группъ своей станціи*, получивъ сигналъ, увѣдомляетъ телефониста той группы, къ которой принадлежитъ вызываемое лицо, что съ такимъ-то подписчикомъ желаютъ говорить. Дѣло усложняется, когда вызываемый подписчикъ оказывается принадлежащимъ къ какой-нибудь другой станціи; тогда телефонисту приходится сноситься съ послѣдней, и сигналъ по большей части обходитъ нѣсколько группъ на этой станціи. Въ это время нетерпѣливый подписчикъ безпрерывно нажимаетъ у себя вызывную кнопку B (*фиг.* 95), воображая, что телефонистъ слышитъ, благодаря этому, оглушительный звонъ. Ничуть не бывало: при каждомъ нажатіи кнопки на станціи почти безъ всякаго шума отпадаетъ сигнальная пластинка, нисколько не мѣшая телефонисту заниматься своимъ дѣломъ.—Въ PP видны въ ящикахъ элементы Лекланшè, которые необходимы для дѣйствія телефоннаго аппарата у подписчика.

Идеальный организаціей телефонныхъ сообщеній была бы такая, при которой въ каждомъ городѣ существовала бы только одна большая станція — для всѣхъ подписчиковъ. Къ подобному идеалу уже въ настоящее время нѣсколько приближаются американскія системы, дѣйствующія въ самой Америкѣ. Въ Цинциннати, напр., работаетъ аппаратъ, служащій для непосредственнаго соединенія 10,000 подписчиковъ, причемъ соединеніе двухъ абонентовъ производится простымъ вставленіемъ штепселя въ коммутаторъ. Но тутъ абоненты вызываютъ другъ друга не по фамиліи, а по нумеру. Нумера расположены рядами по сотнямъ и тысячамъ, такъ что отысканіе ихъ не представляетъ никакого труда.

1-го января 1890 г. станція на аллеѣ Оперы ввела у себя довольно важное измѣненіе въ телефонной службѣ, именно „сидячее отдѣленіе" (*фиг.* 101). На обязанности этого отдѣленія лежитъ распредѣленіе среди служащихъ на мѣстной станціи увѣдомленій, приходящихъ на послѣднюю съ другихъ станцій. Получивъ сигналъ отъ какой-либо станціи, телефонистъ „сидячаго отдѣленія", нажавъ

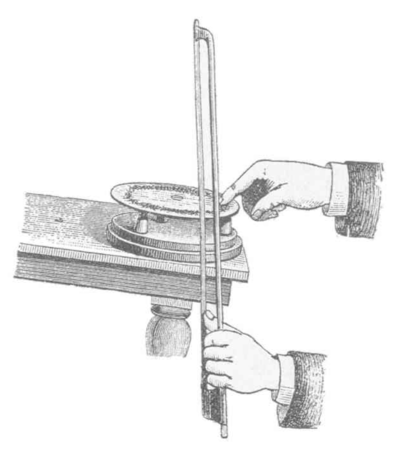


Фиг. 102.—Телефонная станція на аллеѣ Оперы: аппаратъ, предназначенный исключительно для биржи.

соотвѣтственный рычажокъ, или *клавишу*, соединяетъ себя съ однимъ изъ служащихъ въ „стоячемъ отдѣленіи", завѣдующимъ какой-нибудь группой подписчиковъ, и сообщаетъ ему, при помощи Бертонъ-Адеровскаго аппарата, сигналъ вызывающей станціи, съ указаніемъ нумера и названія требуемой линіи.

Помимо этого, въ новой системѣ подъ руками каждаго телефониста имѣются линіи всѣхъ другихъ станцій. Такимъ образомъ, получивъ указаніе отъ одного изъ подписчиковъ своей группы, онъ можетъ соединить его съ той станціей, къ которой принадлежитъ вызываемое лицо. До введенія же этой системы то же самое исполнялось двумя телефонистами: одинъ получалъ увѣдомленіе отъ подписчика, другой принималъ отъ перваго это увѣдомленіе и вызывалъ требуемую станцію. Въ „сидячемъ отдѣленіи" работаетъ всего восемь телефонистовъ, и этого числа служащихъ оказывается вполнѣ достаточно для полученія вызововъ отъ всѣхъ другихъ станцій и передачи ихъ тридцати шести человѣкамъ, занимающимся въ „стоячемъ отдѣленіи". Отсюда — экономія въ числѣ служащихъ и упрощеніе самой службы.

Въ первое время послѣ введенія телефона предполагали, что телеграфъ какъ передатчикъ депешъ сдѣлается ненужнымъ. Однако же, каждый изъ этихъ аппаратовъ до сего времени несъ свою службу, отвѣчая различнымъ потребностямъ общества. Но если телефонъ, разсматриваемый какъ „передатчикъ голоса", не можетъ быть замѣненъ телеграфомъ, то, наоборотъ, самъ онъ можетъ сдѣлаться превосходнымъ передатчикомъ депешъ, благодаря остроумному измѣненію въ немъ, придуманному Меркадье. Въ рукахъ Меркадье телефонъ обратился въ идеальный телеграфъ, позволяющій отправлять одновременно 16 депешъ по одной и той же проволоки.



Фиг. 103.— Круглая пластинка съ узловою окружностью, соотвѣтствующей первому ея обертону.

Этотъ аппаратъ, испытывающійся въ настоящее время на линіи Парижъ-Орлеанъ и красовавшійся на Всемірной выставкѣ 1889 г. въ секціи министерства почтъ и телеграфовъ, основанъ на слѣдующемъ началѣ.

Если при помощи обыкновенныхъ телефоновъ или „пантелефоновъ" *) могутъ быть воспроизведены всякіе звуки, то это объясняется тѣмъ, что пластинка у пріемника зажата по всему краю и потому не вольна издавать тотъ звукъ, который свойственъ ей въ нестѣсненномъ состояніи: ея частицы получаютъ способность приходить въ движеніе, подобно частицамъ воздуха, подъ вліяніемъ всякихъ звуковъ. Но если пластинка по краю свободна и подперта въ трехъ равноотстоящихъ другъ отъ друга точкахъ, лежащихъ на той узловой окружности, которая соотвѣтствуетъ первому обертону пластинки **) (*фиг.* 103),—то изъ всѣхъ звуковъ, произведенныхъ предъ передатчикомъ, лишь этотъ первый обертонъ будетъ сильно и отчетливо воспроизведенъ въ пріемникѣ со

*) Отъ греч. словъ: πᾶν (панъ) *все*, τῆλε и φωνή—телефоны, передающіе всевозможные звуки.

**) Первый обертонъ, или первая гармоника, есть тотъ звукъ въ ряду звуковъ, издаваемыхъ пластинкой, высота котораго непосредственно слѣдуетъ за высотой самаго низкаго или основного тона пластинки.

свободной пластинкой; это значитъ, что такой пріемникъ повинуется не всѣмъ дошедшимъ до него магнитнымъ колебаніямъ, а только тѣмъ, которыя соотвѣтствуютъ опредѣленной нотѣ. Если рядомъ съ этимъ пріемникомъ помѣстить другой, настроенный на какую-нибудь другую ноту, то послѣдній будетъ воспроизводить, конечно, только эту ноту. Такимъ образомъ, при помощи цѣлаго ряда подобныхъ „монотелефонныхъ" *) пріемниковъ, звуки, производимые предъ передатчикомъ, можно разлагать на ихъ составныя части, т. е. на простые звуки, или выдѣлять данный звукъ изъ массы другихъ.

Если эти пріемники настроить такимъ образомъ, чтобъ они соотвѣтственно воспроизводили ноты sol_3, la_3, si_3 и т. д., и на передаточной станціи въ одну и ту же цѣпь ввести различные передатчики, передъ которыми помѣщены камертоны, издающіе соотвѣтственно ноты sol_3, la_3, si_3...., то телефонную линію легко обратить въ телеграфную. Вообразимъ, что лицо, работающее съ камертономъ sol_3, желаетъ передать депешу служащему, поставленному на пріемной станціи у пріемника sol_3. Для этого ему нужно только произвести рядъ нажатій различной продолжительности на ключъ, или металлическій стержень, благодаря чему цѣпь будетъ замыкаться и тонъ sol_3 передаваться на пріемную станцію въ теченіе различнаго времени, смотря по продолжительности тока. Различные опредѣленные промежутки времени, въ теченіе которыхъ въ пріемникѣ будетъ слышаться нота sol_3, будутъ соотвѣтствовать различнымъ буквамъ депеши, точно такъ же, какъ различной длины черточки, написанныя посредствомъ телеграфа Морза. Въ то же самое время и по той же проволокѣ другіе служащіе совершенно свободно могутъ передавать тоны la_3, si_3 и т. д.

Въ передатчикѣ „акустическаго телеграфа Меркадье" (*фиг.* 104 и 105) виденъ камертонъ D, издающій извѣстную ноту, напр. la_3. Онъ привинченъ къ коробкѣ C, воздухъ въ которой приводится въ колебаніе дрожаніями камертона. По обѣ стороны послѣдняго, на той же коробкѣ, установлены въ круглыхъ коробочкахъ два небольшихъ микрофона, введенные въ первичную цѣпь индукціонной катушки B; вторичная цѣпь катушки направляется къ электромагниту у пріемнаго аппарата R. Этотъ электромагнитъ заключенъ въ плоскую цилиндрическую латунную коробочку вмѣстѣ съ приводимой имъ въ колебаніе пластинкой, настроенной такимъ образомъ, что она издаетъ только ноту la_3. Какъ мы выше объяснили, пластинка подперта въ трехъ точкахъ, лежащихъ на той узловой окружности, которая соотвѣтствуетъ ея первой гармоникѣ. Въ остальномъ акустическій телефонъ устроенъ такъ же, какъ и обыкновенный.

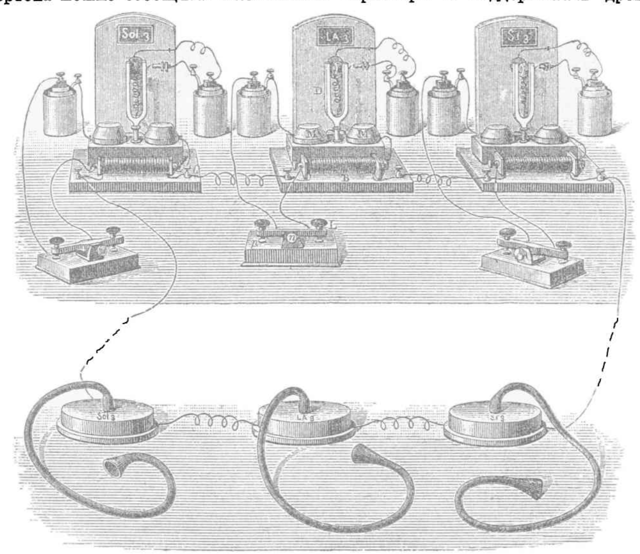
Ясно, что звукъ, издаваемый камертономъ, слышится въ R только въ то время, когда цѣпь *ff* замкнута; если въ какомъ-либо мѣстѣ цѣпи, напр. въ *o*, разомкнуть ее,—какъ показано на фигурѣ 105,—то служащій, вооруженный трубкою T, ничего не услышитъ. Когда въ передатчикѣ нажмутъ на металлическіе стержень, или ключъ L, послѣдній повернется на шалнирѣ *n* и придетъ въ соприкосновеніе съ остріемъ P′. Тогда цѣпь *ff* замкнется и пріемникъ, вслѣдствіе этого, начнетъ воспроизводить звукъ камертона; онъ будетъ издавать его все время, пока ключъ L касается острія P′. Но лишь только ключъ будетъ предоставленъ самому себѣ, пружина приподниметъ его, цѣпь снова прервется, и звукъ въ R прекратится. Нетрудно понять, какимъ образомъ на этомъ фактѣ можно основать условный, акустическій языкъ.

Вмѣсто того, чтобы вводить ключъ въ цѣпь *ff*, можно вводить его въ первичную цѣпь катушки B, что одно и то же. Такое расположеніе представлено на фигурѣ 104, гдѣ передатчикъ состоитъ изъ трехъ аппаратовъ sol_3, la_3 и si_3, соединенныхъ съ тремя соотвѣтственными пріемниками.

Обыкновеннымъ способомъ приводить въ дрожаніе камертонъ каждый разъ, когда требуется передать депешу, было бы, конечно, чрезвычайно неудобно: по

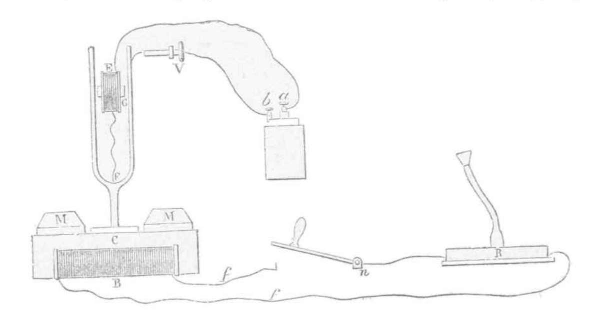
*) Отъ греч. слова μόνος (моносъ)—*одинъ только; монотелефонъ* означаетъ телефонъ, передающій или воспринимающій только одинъ какой-нибудь звукъ.

этому прибѣгаютъ къ электрическому приспособленію, — пользуются *электромагнитными камертонами*, или короче—*электро-камертонами*. Изъ нижеслѣдующаго легко будетъ понять, какимъ образомъ при помощи электромагнита дрожанію камертона можно сообщить неизмѣнный характеръ и поддерживать дрожаніе



Фиг. 104.—Мультиплексный (со множественной передачей) акустическій телефонъ Меркадье.

въ теченіе какого угодно времени. На серединѣ разстоянія между вѣтвями камертона расположенъ электромагнитъ E (*фиг.* 105); въ G видно желѣзное ядро электромагнита. Къ правой вѣтви камертона припаянъ кусочекъ платиновой проволоки P, обращенный къ стерженьку, тоже изъ платины, который при помощи винта V можно приблизить или удалить отъ P; одинъ изъ концовъ проволоки электромагнита прикрѣпленъ къ ножкѣ F камертона, а другой къ полю-



Фиг. 105.—Электро-камертонъ у монотелефона.

жительному полюсу *a* элемента P; другой полюсъ *b* элемента посредствомъ проволоки соединенъ съ винтомъ V.

Если при надлежащей установкѣ винта V, т. е. при надлежащемъ разстоянiи между остріемъ P и стерженькомъ, камертонъ разъ привести въ дрожаніе, то онъ будетъ дрожать безпрерывно. Въ самомъ дѣлѣ, когда камертонъ удаляется отъ положенія равновѣсія кнаружи, P и V приходятъ въ соприкосновеніе, цѣпь элемента замыкается, и токъ пробѣгаетъ по пути *a* E F P V *b*; проходя по проволокѣ электромагнита, токъ намагничиваетъ ядро G, которое, вслѣдствіе этого, притягиваетъ стальныя вѣтви камертона кнутри; возвращаясь, подъ вліяніемъ этого притяженія, назадъ, камертонъ снова прерываетъ цѣпь въ P V, благодаря чему электромагнитъ E размагничивается; тогда вѣтви камертона опять отходятъ кнаружи, цѣпь снова замыкается, и т. д., т. е. электромагнитомъ дается каждый разъ толчекъ къ новому колебанію, такъ что сила, съ которою камертонъ первоначально былъ приведенъ въ колебаніе, не ослабѣваетъ.

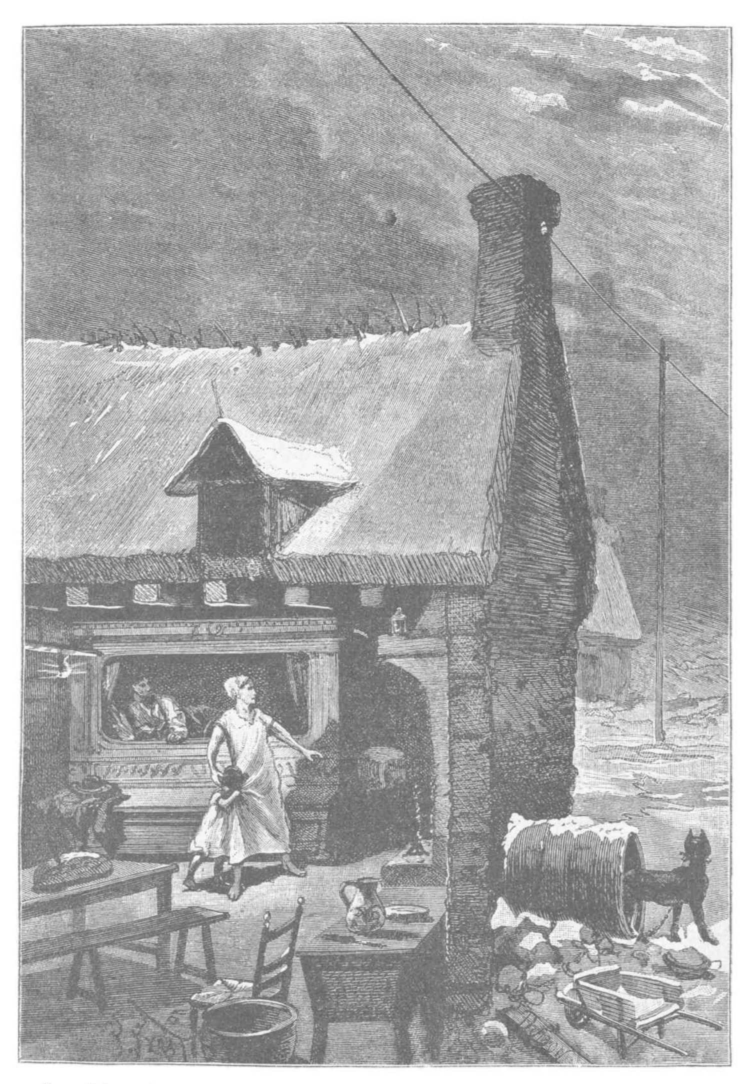
Лиссажу, изобрѣтатель электро-камертона (1857 г.), сравнивая роль послѣдняго съ ролью смычка, при помощи котораго поддерживаются колебанія струны, назвалъ его *электрическимъ смычкомъ* *).

Такимъ образомъ мы убѣждаемся въ томъ, что телефонная передача достигла въ настоящее время полнаго своего развитія. Нѣтъ почти такого уголка на земномъ шарѣ, гдѣ не было бы телефонной проволоки. Совокупность всѣхъ проволокъ, дѣйствующихъ въ Соединенныхъ Штатахъ, могла бы, какъ говоритъ американская статистика, обойти семь разъ вокругъ земли. Въ Китаѣ, гдѣ телеграфъ не можетъ быть введенъ по причинѣ огромнаго количества письменныхъ знаковъ **), телефонъ, повидимому, найдетъ обширное примѣненіе: недавно одно Общество получило отъ правительства Небесной Имперіи концессію на 50 лѣтъ на устройство телеграфной сѣти въ Китаѣ. Японія—одна изъ первыхъ странъ, введшихъ у себя телефонъ. Наконецъ, въ Гонолулу, столицѣ Сандвичевыхъ острововъ, посреди Тихаго океана, работаютъ двѣ телефонныя компаніи—Восточный Телефонъ и Взаимный Телефонъ Белля. Оба эти Общества вмѣстѣ, основанныя въ Гонолулу—первое въ 1880 г., второе—въ 1885 г., на 18000 жителей насчитываютъ болѣе 1900 подписчиковъ.

Много лѣтъ тому назадъ германскій учитель Рейсъ примѣнилъ къ аппарату, который онъ назвалъ „телефономъ", наблюденіе, сдѣланное въ 1837 г. Генри и Пэджемъ; эти два американскіе физика замѣтили, что подъ вліяніемъ попеременнаго намагниченія и размагниченія брусокъ мягкаго желѣза пріобрѣтаетъ способность издавать звукъ, причемъ послѣдній бываетъ тѣмъ выше, чѣмъ короче промежутки времени между прерываніемъ и возстановленіемъ тока. Основываясь на этомъ открытіи, а также на фонавтографѣ Леона Скотта, Рейсъ послѣ многихъ усилій добился, наконецъ, въ 1861—1862 гг. осуществленія снаряда, передававшаго нѣкоторые музыкальные звуки на весьма небольшое разстояніе. Германскій педагогъ, быть можетъ, позаимствовалъ свое слово „телефонъ" отъ слова „телефонія", созданнаго французомъ, музыкантомъ Франсуа

*) Прибавимъ, что Меркадье въ нѣкоторыхъ своихъ аппаратахъ пользуется подвижнымъ электромагнитомъ E, могущимъ скользить между вѣтвями камертона и быть установленнымъ между ними гдѣ угодно; при этомъ оказывается, что амплитуда колебанія тѣмъ больше, чѣмъ ближе къ концамъ камертона помѣщенъ электромагнитъ. Обыкновенно его помѣщаютъ на границѣ верхней и средней трети длины вѣтвей, причемъ легко получить амплитуду въ 3 миллиметра. Кромѣ того, къ каждой вѣтви придаютъ тяжесть, могущую скользить вдоль вѣтви; чѣмъ ближе къ концу вѣтви находится тяжесть, тѣмъ колебаніе камертона медленнѣе. Такой электро-камертонъ можетъ служить прекраснымъ хронографомъ, или графическимъ счислителемъ времени; онъ пишетъ синусоиду, одинаково ясную въ теченіе какого угодно времени, между тѣмъ какъ обыкновенный камертонъ даетъ кривую, высота которой убываетъ настолько быстро, что счетъ очень скоро значительно затрудняется. Для опредѣленія высоты звука пользуются именно такимъ камертономъ, предварительно приведеннымъ къ секундному маятнику.

**) Большой китайскій словарь, изданный стараніями императора Кангъ-Хи (1654—1722 г.), содержитъ не менѣе 43496 такихъ знаковъ.



Фиг. 106.—...Когда среди темной зимней ночи вдругъ заговоритъ печь, заговоритъ труба...

Сюдромъ *); вѣроятно, ему были небезъизвѣстны и мысли другого француза, именно Шарля Бурсёля, который въ замѣткѣ, опубликованной въ 1854 г., въ *Телеграфической Лѣтописи*, говорилъ слѣдующее:

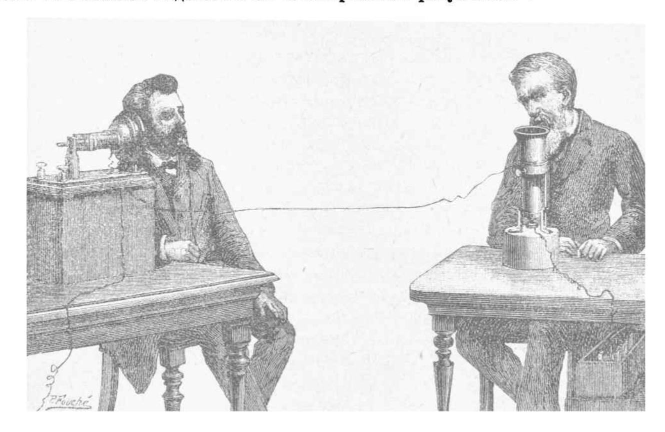
„Послѣ удивительныхъ телеграфовъ, воспроизводящихъ на большомъ разстояніи не только почеркъ всякаго человѣка, но и сложные рисунки,—область удивительнаго, казалось бы, уже должна бы быть исчерпана. Однако-же, попытаемся сдѣлать еще нѣсколько шаговъ въ этомъ направленіи. Я спросилъ себя, нельзя-ли самую рѣчь передавать при помощи электричества, нельзя-ли устроить такъ, чтобы говорящаго, напримѣръ, въ Вѣнѣ слышали въ Парижѣ. Это возможно, и вотъ какимъ образомъ. Звуки, какъ извѣстно, образуются колебаніями и такими же колебаніями посредствующихъ срединъ распространяются до нашего уха. Но напряженность этихъ колебаній съ разстояніемъ уменьшается весьма быстро, такъ что, даже пользуясь рупорами и слуховыми трубами, мы не можемъ перейти извѣстныхъ, довольно тѣсныхъ предѣловъ. Вообразите же теперь, что кто-нибудь говоритъ вблизи упругой пластинки, настолько гибкой, что отъ нея не ускользаетъ ни одно изъ колебаній, произведенныхъ голосомъ, причемъ эта пластинка попеременно замыкаетъ и размыкаетъ цѣпь элемента; на нѣкоторомъ разстояніи вы помѣщаете другую такую же пластинку, которая въ то же время будетъ воспроизводить тѣ же самыя колебанія. Правда, напряженность звуковъ будетъ постоянно мѣняться въ томъ мѣстѣ, гдѣ они производятся, гдѣ пластинка приводится въ колебаніе голосомъ, и, наоборотъ—оставаться неизмѣнной тамъ, куда они передаются, гдѣ она приводится въ дрожаніе электричествомъ; но опытъ показываетъ, что самые звуки отъ этого не измѣняются.

„Прежде всего очевидно, что музыкальные звуки должны воспроизводиться со свойственной имъ высотой. Настоящее состояніе нашихъ свѣдѣній въ области акустики не позволяетъ утверждать безъ предварительныхъ опытовъ, что совершенно такъ же будутъ воспроизводится и слоги—части членораздѣльной рѣчи; способъ произношенія послѣднихъ пока еще недостаточно изученъ: извѣстно только, что одни изъ нихъ произносятся при помощи зубовъ, другіе—при помощи губъ,—вотъ и все. Но какъ бы то ни было, нужно думать, что въ воспроизведеніи слоговъ мы слышимъ не иное что, какъ колебанія посредствующихъ срединъ; точное воспроизведеніе этихъ колебаній есть въ то же время точное воспроизведеніе слоговъ. Во всякомъ случаѣ, при настоящемъ состояніи науки нельзя доказать невозможности электрической передачи звуковъ; напротивъ, все говоритъ въ пользу такой возможности.—Когда впервые заговорили о приложеніи электромагнитизма къ передачѣ депешъ, одинъ изъ высоко-авторитетныхъ ученыхъ отозвался объ этой мысли, какъ о возвышенной утопіи, а между тѣмъ въ настоящее время посредствомъ простой проволоки уставовлено прямое сообщеніе между Лондономъ и Вѣною. Говорили, что это невозможно, и однако же оно оказалось возможнымъ. Нѣтъ сомнѣнія, что имысль о передачи рѣчи путемъ электричества найдетъ безчисленное множество въ высшей степени важныхъ приложеній. Кромѣ развѣ глухихъ и нѣмыхъ, всякому человѣку будетъ доступенъ этотъ способъ передачи, не требующій никакихъ замысловатыхъ аппаратовъ: электрическій элементъ, двѣ упругія пластинки и проволока,—вотъ и все, что для этого нужно. Большія учрежденія будутъ имѣть возможность, въ случаѣ надобности, передавать на извѣстное разстояніе какія угодно длинныя дѣловыя сообщенія, отъ чего весьма нерѣдко имъ приходилось бы отка-

*) Жанъ-Франсуа Сюдръ, род. въ Альби 15 августа 1787 г., умеръ въ Парижѣ 3 октября 1862 г.; музыкантъ, изобрѣтатель акустической телеграфіи, которую онъ назвалъ „телефоніей“; его система состояла въ употребленіи различныхъ музыкальныхъ инструментовъ—рожка, колокола, барабана, причемъ извѣстное сочетаніе звуковъ и промежутковъ между ними должно было означать отдѣльныя слова и цѣлыя фразы; положивъ въ основаніе такую мысль, Сюдръ придумалъ „всемірный музыкальный языкъ, при помощи котораго могутъ объясняться между собой различные народы, а также слѣпые, глухіе и нѣмые; языкъ, заразъ состоящій изъ живыхъ словъ, письменныхъ знаковъ, тайный и безмолвный“.

зываться, если бы необходимо было производить передачу буква за буквой, путемъ телеграфа, требующаго специальной подготовки и навыка.

„Не подлежитъ никакому сомнѣнію, что въ болѣе или менѣе близкомъ будущемъ рѣчь будетъ передаваться на разстояніе при помощи электричества. Я началъ дѣлать опыты въ этомъ направленіи: они требуютъ весьма большихъ предосторожностей, а также много времени и терпѣнія, но уже достигнутые успѣхи позволяютъ надѣяться на благопріятный результатъ".



Грэгэмъ Белль. Илайша Грей.

Фиг. 107.—Оба изобрѣтателя переговариваются посредствомъ своихъ первыхъ телефоновъ.

Изъ приведенной замѣтки видно, съ какой прозорливостью Шарль Бурсёль предугадывалъ уже въ 1854 г. рѣшеніе столь трудной задачи, найденное не далѣе какъ въ 1876 г. 14-го февраля только-что названнаго года Грэгэмъ Белль и Илайша Грей, инженеръ изъ Чикаго, оба, но одинъ чрезъ два часа послѣ другого, представили въ американское правительственное бюро, завѣдующее выдачей патентовъ, описаніе новаго открытія, осуществляющаго передачу рѣчи на разстояніе. Еслибы не упущеніе нѣкоторыхъ формальностей, бюро навѣрное высказалось бы въ пользу Грея, представившаго гораздо болѣе точное описаніе деталей, нежели Белль.—„Къ свѣдѣнію всѣхъ тѣхъ, до которыхъ это можетъ касаться,—писалъ Грей,—заявляю, что я, Илайша Грей, изъ Чикаго, нашелъ новый способъ телеграфной передачи звуковъ человѣческой рѣчи.

„По изобрѣтенному мною способу, передача звуковъ человѣческаго голоса по телеграфной проволокѣ и воспроизведеніе ихъ на пріемномъ концѣ послѣдней совершаются настолько хорошо, что два лица могутъ свободно переговариваться между собой, находясь другъ отъ друга на значительномъ разстояніи. Мною уже ранѣе изобрѣтены способы передачи по телеграфу музыкальныхъ звуковъ, и настоящее мое изобрѣтеніе также основывается на принципѣ, лежащемъ въ основѣ сказаннаго изобрѣтенія, описаннаго въ привиллегіяхъ, выданныхъ мнѣ правительствомъ Соединенныхъ Штатовъ 27-го іюля 1875 г., а потомъ въ прошеніи, поданномъ мною 23-го февраля того же года.

„Для достиженія поставленной себѣ цѣли, я придумалъ снарядъ, могущій производить звуковыя колебанія, созвучныя человѣческому голосу,--позволяющій слышать этотъ послѣдній на далекомъ разстояніи. Представленная здѣсь кон-

струкція снаряда, усовершенствованнаго мною для названной спеціальной цѣли, конечно, не претендуетъ на преимущественную пригодность, не исключаетъ цѣлесообразныхъ измѣненій, которыя могли быть указаны другими лицами.

„Я думаю въ настоящую минуту, что наилучшій способъ получить снарядъ, способный воспроизводить разнообразные звуки человѣческой рѣчи, это— натянуть какую-либо перепонку на одномъ изъ концовъ трубки, снабженной аппаратомъ, производящимъ колебанія въ электрическомъ токѣ, а потому дѣйствующимъ съ измѣняющеюся силой. На моемъ рисункѣ, лицо, передающее звуки, изображено говорящимъ въ трубку, на наружномъ концѣ которой натянута діафрагма изъ пергамента или кишечной перепонки; къ діафрагмѣ прикрѣпленъ металлическій стерженекъ (приводитъ токъ элемента), спускающійся въ сосудъ, въ нижней части закрытый металлической пробкой, черезъ которую проходитъ другой стерженекъ (съ послѣднимъ соединяется другая проволока элемента)“.

Сосудъ наполняется какой-нибудь жидкостью, напр. водою. Такъ какъ первый стерженекъ немного не доходитъ до второго, то токъ долженъ проходить черезъ тоненькій слой жидкости. Колебанія голоса, приводя въ дрожаніе діафрагму у трубки, заставляютъ первый стерженекъ то подниматься то опускаться, благодаря чему измѣняется толщина слоя жидкости, проходимаго токомъ.

„Вызванныя такимъ образомъ колебанія тока передаются на пріемную станцію, гдѣ имѣется электромагнитъ, дѣйствующій на діафрагму, снабженную кусочкомъ мягкаго желѣза. Эта діафрагма натянута на пріемной трубкѣ, сходной съ трубкой у передатчика. Вторая діафрагма получаетъ колебанія, соотвѣтствующія колебаніямъ передаточной діафрагмы, и такимъ образомъ производятся отчетливые звуки или слова“.

Грей какъ бы предвидѣлъ идеи электрическаго телефона и угольнаго микрофона.

Несмотря на столь ясное описаніе, первенство, честь открытія досталась на долю Грэгэма Белля, который оставался законнымъ изобрѣтателемъ телефона въ теченіе двѣнадцати лѣтъ. Не далѣе какъ 18-го ноября 1888 г. окончился процессъ, возбужденный обойденнымъ Греемъ, въ пользу послѣдняго: верховный судъ высказался за уничтоженіе привиллегіи Грэгэма Белля и такимъ образомъ освятилъ первенство Илайши Грея.

У первыхъ телефоновъ Грэгэма Белля встрѣчаемъ слѣдующее расположеніе. На днѣ воронки при помощи винтовъ натянута перепонка, имѣющая на себѣ въ центрѣ якорь, состоящій изъ тоненькаго желѣзнаго прутка. Вблизи находится электромагнитъ, приводимый въ дѣйствіе элементомъ. Этотъ телефонъ могъ безразлично служить въ качествѣ передатчика и пріемника.

На фигурѣ 107 изображено сообщеніе (воображаемое) между обоими изобрѣтателями посредствомъ ихъ соотвѣтственныхъ первыхъ телефоновъ, одновременно появившихся 14-го февраля 1876 г. Измѣненія толщины слоя жидкости, проходимаго токомъ въ передатчикѣ Грея, влекутъ за собою измѣненія въ магнитномъ полѣ электромагнита у пріемника Белля, отсюда—воспроизведеніе рѣчи натянутой перепонкой.

Мы вкратцѣ обозрѣли всѣ главнѣйшіе телефоны, въ короткій промежутокъ времени послѣдовавшіе за первоначальными приборами Илайши Грея и Грэгэма Белля. Объясненіе телефона дано сколь возможно полное. На этомъ примѣрѣ мы стремились показать, какъ тщательно слѣдуетъ изучить подробности снаряда для уразумѣнія роли, присущей каждой изъ его частей; въ то же время мы показали, что всегда необходимо прибѣгать къ опыту, какъ бы трудно ни казалось ждать успѣшныхъ результатовъ, потому что опытъ нерѣдко опережаетъ теоретическую мысль.

Усвоимъ себѣ ясное понятіе о томъ, что слѣдуетъ разумѣть подъ объясне-

ніемъ, или теоріей извѣстнаго явленія. Продолжительное и терпѣливое наблюденіе природы заставило ученыхъ придти къ заключенію, что все безконечное множество представляемыхъ ею явленій зависитъ отъ весьма малаго числа послѣднихъ, называемыхъ основными, или главными явленіями; слѣдовательно, для того, чтобы найти объясненіе данному практическому приложенію научныхъ фактовъ,—необходимо, путемъ тщательнаго разбора, узнать, изъ какихъ основныхъ явленій оно возникло. Магнитный телефонъ, напримѣръ, является слѣдствіемъ колебательнаго движенія, производящаго звукъ, съ одной стороны, и свойствъ магнита—съ другой; вотъ почему для уразумѣнія телефона необходимо было ознакомиться сперва со звуковыми волнами и свойствами магнита.

Безъ всякаго сомнѣнія, наше объясненіе, представляясь вполнѣ достаточнымъ съ точки зрѣнія опыта, не удовлетворяетъ, однако, нашей мысли, всегда стремящейся постигнуть самую сущность и сокровенный смыслъ вещей; это объясненіе не говоритъ намъ ни того, чѣмъ объяснить замѣчательную силу, свойственную магнитному полю, ни того, въ чемъ слѣдуетъ искать его причину. Но отвѣчать на эти вопросы—современное знаніе безсильно.





Фиг. 109.—Пріемникъ-мотографъ Эдиссона.

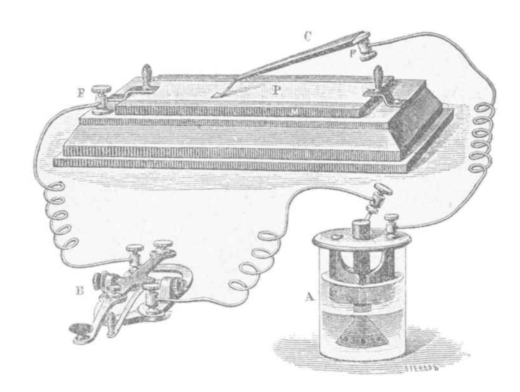
Глава V

Телефонографія.

Свѣтовой телефонъ.—Термофонъ.

Мы сейчасъ видѣли, какъ наука съ истинной простотой рѣшила двѣ великія задачи, долгое время считавшіяся неразрѣшимыми: благодаря фонографу, мы получили возможность фиксировать голосъ и затѣмъ воспроизводить его когда угодно со всѣми его существенными особенностями; при помощи телефона мы заставляемъ рѣчь пробѣгать съ быстротою молніи какія угодно большія разстоянія. Что же дастъ намъ сочетаніе фонографа съ телефономъ? Мысль о подобномъ сочетаніи впервые явилась у Меркадье. Изъ опытовъ этого ученаго, произведенныхъ въ сентябрѣ и октябрѣ 1888 г. обнаружилось, что Эдиссоновъ фонографъ съ оловяннымъ листомъ можетъ прекрасно замѣнить собою говорящее лицо—передавать рѣчь телефону. Опыты производились весьма просто. Телефонъ, изъ котораго предварительно удалена упругая пластинка, провинчивается своимъ раструбомъ къ амбушюру фонографа первоначальнаго устройства—съ желѣзной діафрагмой; полюсы магнита у телефона располагаютъ въ весьма близкомъ разстояніи отъ діафрагмы. Если станемъ вращать цилиндръ фоно-

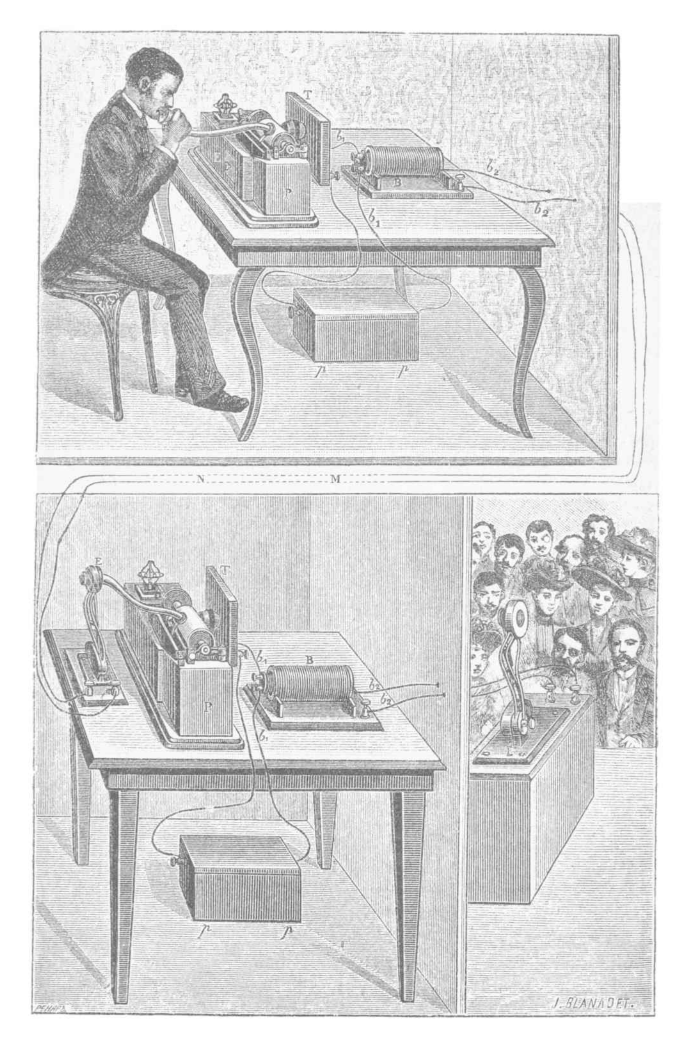
графа такимъ образомъ, чтобы послѣдній воспроизводилъ рѣчь или музыкальную пьесу, вытисненныя на немъ, то все это мы услышимъ въ пріемномъ телефонѣ. Воспроизведеніе это, конечно, далеко несовершенно, что зависитъ отъ недостатковъ первоначальнаго фонографа, каковы: „слабая членораздѣльность, преобладаніе нѣкоторыхъ гласныхъ, измѣненіе тембра голоса, именно носовой оттѣнокъ; но,—писалъ Меркадье,—я полагаю, нетрудно устранить все это, пользуясь усовершенствованными фонографами". Ожиданія Меркадье оправдались самымъ блестящимъ образомъ въ Америкѣ, 4-го февраля 1889 г. Отчетъ объ опытахъ, производившихся въ этомъ направленіи подъ руководствомъ одного изъ сотрудниковъ Эдиссона, Гаммера, находимъ въ *Телеграфномъ Журналѣ* и *Электрическомъ Обозрѣніи*, въ нумерахъ отъ 8-го марта 1889 г. То, что говорили и пѣли въ фонографъ, помѣщавшійся въ Нью-Іоркѣ, не только было слышно публикѣ, собравшейся въ Институтѣ Франклина въ Филадельфіи, т.-е. на разстояніи 155 верстъ, но и вытиснялось, кромѣ того, на фонографѣ, находившемся въ Институтѣ. Въ то время, какъ въ опытахъ Меркадье только передавались по телефону звуки, воспроизводившіеся фонографомъ,—изъ работъ американскихъ изслѣдователей обнаруживается, что если фонографъ можетъ заставить говорить телефонъ, то послѣдній въ свою очередь можетъ записать любые звуки на восковомъ цилиндрѣ, помѣщенномъ на небольшомъ разстояніи отъ него. Изъ сказаннаго видно, какъ удивительно работаютъ эти небольшіе снаряды, въ которыхъ совершается превращеніе звуковыхъ колебаній въ колебанія магнитныя и наоборотъ, и черезъ которые, не претерпѣвая замѣтныхъ измѣненій, проходятъ звуки музыкальной пьесы или человѣческой рѣчи. Эти звуки то переходятъ въ скрытое состояніе — нѣмыхъ колебаній безконечно тонкой среды—эфира, то вновь становятся явственно слышными, перешедши въ колебанія матеріальныхъ средъ, напр., воздуха. Мы не знаемъ сущности той связи



Фиг. 110.—Принципъ мотографа.

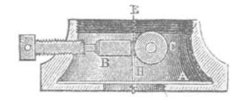
между этими столь различными средами, благодаря которой между ними существуетъ такая тѣсная зависимость, но связь эта существуетъ и служитъ къ величайшему благу для человѣчества.

Для своихъ телефонографическихъ опытовъ Гаммеръ пользовался пріемникомъ-мотографомъ, угольнымъ передатчикомъ и усовершенствованнымъ фонографомъ Эдиссона.



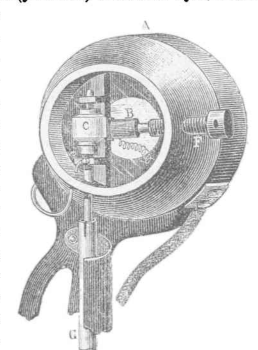
Фиг. 111.—Телефонографическая передача изъ Нью-Іорка въ Филадельфію (разстояніе—155 верстъ). Расположеніе въ опытѣ Гаммера. Нью-Іоркская и филадельфійская станціи.

Разсмотримъ дѣйствіе *пріемника-мотографа* *) (изобрѣтенъ Эдиссономъ), прибора, значительно разнящагося отъ магнитныхъ телефонныхъ пріемниковъ. Для надлежащаго уясненія идеи этого аппарата приведемъ слѣдующій предварительный опытъ. На мѣдную пластинку М (*фиг.* 110) кладутъ листъ пропускной бумаги Р, пропитанный поташомъ и водой (поташъ—вещество расплывающееся, чрезвычайно легко поглощаетъ воду); къ бумагѣ нижней своей частью прикасается платиновая пластинка, которую помощью уединяющей ручки С можно заставить скользить по листу. Чрезъ эту пластинку въ мѣстѣ соприкосновенія проходитъ токъ отъ элемента А. Держа платиновую пластинку за ручку С и заставляя ее, съ равномѣрнымъ нажатіемъ, скользить по листу Р, затѣтимъ, что всякая причина, измѣняющая магнитное поле, произведенное вдоль цѣпи элементомъ А, въ то же время измѣняетъ треніе — сопротивленіе скольженію платиновой пластинки по листу бумаги; эти измѣненія непосредственно ощущаются рукою, опредѣляются нашимъ мышечнымъ чувствомъ **).



Фиг. 112. — Мотографъ въ разрѣзѣ.

Этотъ опытъ, произведенный Эдиссономъ въ 1872 г., подалъ ему мысль воспользоваться указаннымъ измѣненіемъ тренія для той же цѣли, для какой ранѣе пользовались измѣненіями въ магнитномъ полѣ, — привелъ его къ изобрѣтенію пріемника-мотографа, безспорно самому оригинальному и самостоятельному изъ его изобрѣтеній. Пріемникъ-мотографъ (*фиг.* 109) есть въ сущности видоизмѣненіе того снаряда, при помощи котораго былъ произведенъ сейчасъ описанный опытъ. Вмѣсто пропускной бумаги берется известковый цилиндръ, пропитанный щелочнымъ растворомъ фосфорно-натровой соли. Платиновая пластинка неподвижна, но взамѣнъ того вращается, соприкасаясь съ ней, известковый цилиндръ,—что, конечно, одно и то же. Расположеніе аппарата слѣдующее (*фиг.* 112 и 113). Къ центру слюдяного кружка А прикрѣпленъ плоскій латунный стержень Н, къ концу котораго прикрѣплена тоненькая платиновая пластинка Е; кускомъ резины В, при вращеніи винта F, пластинка эта прижимается къ цилиндру С, приводимаго въ движеніе электрическимъ двигателемъ (*фиг.* 114) при посредствѣ системы зубчатыхъ колесъ и стержня G. Нетрудно понять, что, благодаря тренію, происходящему между цилиндромъ С и пластинкой Е, цилиндръ будетъ увлекать за собою ЕН, а черезъ это и кружокъ изъ слюды А, съ силою, измѣняющейся сообразно съ измѣненіями электрическаго тока, проходящаго по соприкасающимся поверхностямъ; такимъ образомъ перемѣщенія кружка будутъ попеременно увеличиваться и уменьшаться вмѣстѣ съ токомъ, т.-е. кружокъ будетъ колебаться. Амплитуда колебанія будетъ тѣмъ больше, чѣмъ сильнѣе кусокъ резины будетъ прижимать другъ къ другу поверхности Е и С; слѣдовательно, регулирующій винтъ F особенно необходимъ въ тѣхъ случаяхъ, когда требуется производить колебанія съ большой амплитудой, т.-е. когда говорятъ громко.

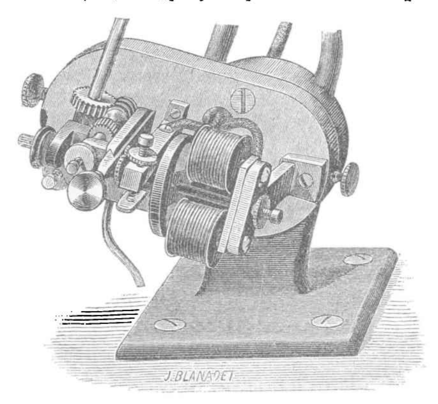


Фиг. 113.—Расположеніе частей въ мотографѣ.

*) *Мотографъ* означаетъ приборъ, „записывающій движеніе".

**) Причина ихъ заключается во вхожденіи въ поры платины одного изъ газовъ, входящихъ въ составъ воды, которою пропитана пропускная бумага. Дѣло въ томъ, что нечистая вода разлагается подъ вліяніемъ тока на свои составныя части, причемъ водородъ выдѣляется на металлѣ, выводящемъ токъ изъ бумаги, а кислородъ—на металлѣ, вводящемъ токъ въ бумагу.

Посмотримъ теперь расположеніе опыта Гаммера. На рисункѣ (*фиг.* 111, *вверху*) мы видимъ нью-іоркскую станцію. Человѣкъ говоритъ или поетъ въ трубку, и звуки записываются на цилиндрѣ усовершенствованнаго фонографа P; послѣд-



Фиг. 114.—Электрическій двигатель мотографа.

ній повторяетъ эти звуки угольному передатчику T, проходимому токомъ отъ батареи изъ элементовъ *p*, *p*; этотъ токъ проходитъ также по наводящей проволокѣ $b_1 b_1$ катушки B, другая же—наводимая проволока $b_2 b_2$ катушки переходитъ въ линію, направляющуюся въ Филадельфію. Часть MN этой линіи проходитъ подъ землей разстояніе въ шесть морскихъ миль, т.-е. около десяти верстъ.

Аппаратъ на филадельфійской станціи (*фиг.* 111, *внизу*) нѣсколько сложнѣе. Прежде всего токъ заставляетъ говорить пріемникъ-мотографъ E; произведенныя такимъ путемъ звуковыя волны вытисняются на фонографѣ P, который сообщаетъ ихъ угольному передатчику T, соединенному, какъ и на нью-іоркской станціи, съ катушкой B и элементами *p p*; наконецъ, звуковыя волны выходятъ изъ другого мотографа E и слышны цѣлому собранію безъ помощи какихъ бы то ни было слуховыхъ трубокъ *).

Такимъ-то путемъ жители Мартиники, въ воображаемомъ опытѣ, приведенномъ нами въ началѣ этой книги, могли слышать рѣчи своихъ депутатовъ, защищавшихъ интересы колоніи въ Бурбонскомъ дворцѣ. (При этомъ трубка, въ которую говоритъ человѣкъ на фигурѣ 111, конечно, замѣнена тамъ микрофономъ, помѣщеннымъ на трубкѣ предъ ораторомъ; звуки, воспринятые микрофономъ, тотчасъ же сообщаются первому мотографу, записывающему ихъ на фонографѣ отправляющей станціи). Такимъ-то образомъ голоса могли пройти чрезъ глубины океана огромное разстояніе и запечатлѣться на восковомъ цилиндрѣ фонографа, этого самаго нелицепріятнаго свидѣтеля, роковымъ образомъ вынужденнаго давать вѣрный отчетъ избирателямъ о рѣчахъ ихъ избранниковъ.

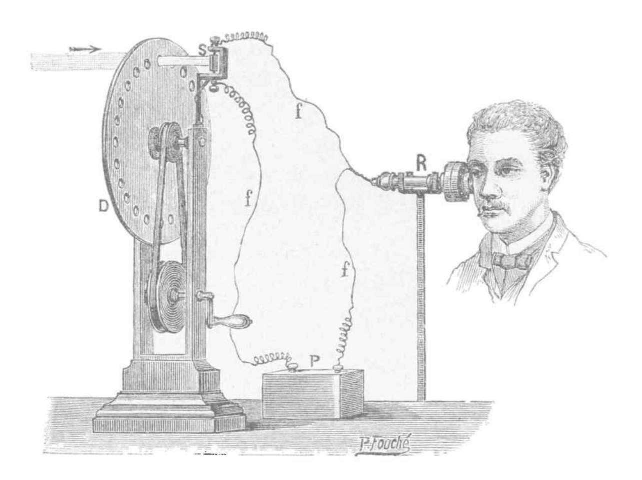
Разумѣется, телефонографическая линія Бурбонскій дворецъ — Форъ-де-Франсъ покуда еще не значится въ оффиціальномъ спискѣ. Подводные кабели остаются глухи, — проглатываютъ незначительные телефонные токи. Словомъ, для осуществленія подобнаго дѣла предстоитъ рѣшить еще не мало трудныхъ и деликатныхъ задачъ.

*) Гаммеръ увѣрялъ насъ лично, 8 октября 1889 г., что мотографъ легко можетъ быть слышенъ собранію изъ 4—5 тысячъ человѣкъ.

Но если вспомнить, что той части науки, которая занимается электричествомъ, нѣтъ еще и ста лѣтъ, и при этомъ подумать, сколько чудеснаго совершено за это время, благодаря ей, то необходимо будетъ признать, что она, при своемъ могучемъ развитіи, не боится никакихъ затрудненій.

Прежде чѣмъ покончить съ телефономъ, отмѣтимъ любопытнѣйшіе факты, открывающіе для телефоніи новые, обширные горизонты и долженствующіе уяснить намъ, какъ возникла идея о **телефотѣ**.

Проведеніе проволочной линіи—работа слишкомъ длинная, дорого стоющая, къ тому же проволока легко можетъ быть перерѣзана. Если-бъ можно было замѣнить её чѣмъ-нибудь другимъ! Но какъ и чѣмъ?

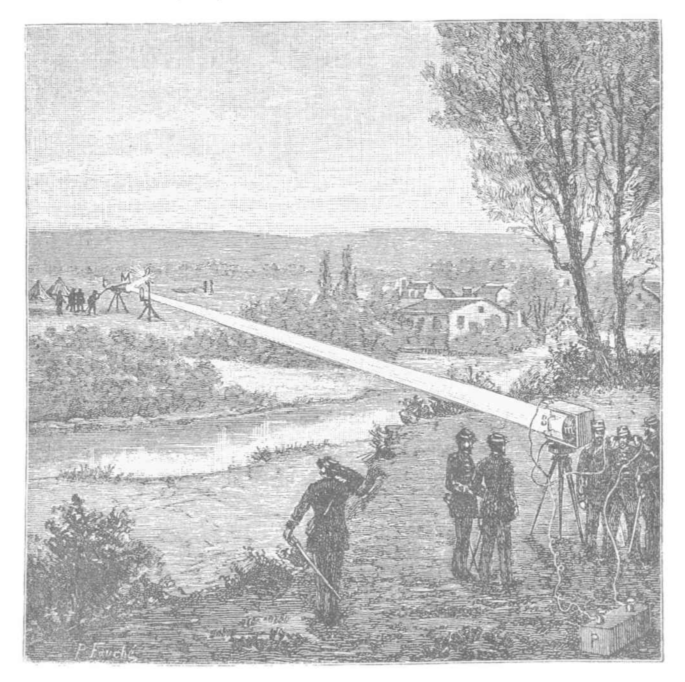


Фиг. 115.—Принципъ свѣтового телефона.

Оказывается, что тяжелую проволоку можно замѣнить невѣсомымъ лучемъ свѣта! Подобно электричеству, и свѣтъ можетъ служить намъ необыкновенно быстрымъ гонцомъ,—гонцомъ, пробѣгающимъ по опредѣленіямъ Физо и по болѣе новымъ изслѣдованіямъ Корню, около 281 тысячи верстъ въ секунду! Воспользовавшись, въ качествѣ сильнѣйшаго источника свѣта, солнцемъ или Вольтовой дугой, мы легко можемъ передавать пучекъ свѣтовыхъ лучей на весьма большое разстояніе при помощи надлежащихъ чечевицъ или отражательныхъ зеркалъ (рефлекторовъ). Кто во время Всемірной выставки 1889 г. не изумлялся той быстротѣ, съ какою свѣтъ отъ маяка на башнѣ Эйфеля прорѣзалъ все парижское небо, какъ рефлекторы освѣщали все сверху до низу—Пантеонъ, Елисейскій дворецъ, соборъ дома Инвалидовъ, монументальный фонтанъ и пр., вплоть до посѣтителей, помѣщавшихся въ основаніи башни. Нетрудно понять, что подобный пучекъ лучей можетъ служить для произведенія условныхъ сигналовъ. Перерывая его, напр., на опредѣленные, различной длины промежутки времени, можно создать настоящій условный языкъ, какъ въ телеграфѣ Морза, съ той разницей, что роль Морзовыхъ черточекъ, будутъ играть огни различной продолжительности. Но какимъ образомъ заставить этотъ пучекъ переносить человѣческій голосъ, какъ сообщить лучамъ нашу рѣчь?

Нижеслѣдующій фактъ, позволитъ намъ заставить говорить свѣтъ, пре-

вращать въ явственные звуки колебанія силы свѣта. Введемъ надлежащимъ образомъ приготовленный кусокъ селена S *) (*фиг.* 115), въ цѣпь элемента P и будемъ бросать на него пучекъ лучей, попеременно задерживая и пропуская лучи при помощи непрозрачнаго кружка D, снабженнаго отверстіями, расположенными по нѣкоторой окружности въ равныхъ разстояніяхъ другъ отъ друга. Назовемъ этотъ приборъ *свѣтовой сиреной*; періодически устремляющаяся чрезъ отверстія у ранѣе описанной сирены воздушная струя замѣняется въ этомъ приборѣ періодическимъ прохожденіемъ свѣта. Всякій разъ, когда селенъ освѣщается сильнѣе, магнитное поле



Фиг. 116.—Сообщеніе между военными постами посредствомъ свѣтового телефона.

произведенное токомъ, проходящимъ по проволокѣ *ff*, усиливается, при уменьшеніи же силы свѣта — это поле ослабляется **); поэтому, если кружекъ D будетъ вращаться равномѣрно, и притокъ такимъ образомъ, чтобы пучекъ лучей прерывался 435 разъ въ секунду, то въ нашемъ магнитномъ полѣ будетъ происходить 435 колебаній въ секунду; если теперь въ цѣпь *ff* (или въ какую-либо сосѣднюю) введемъ телефонный пріемникъ, который есть показатель быстрыхъ колебаній магнитнаго поля по преимуществу и который эти колебанія

*) *Селенъ*, полученный шведскимъ химикомъ Берцеліусомъ въ 1817 г., есть вещество аналогичное сѣрѣ и часто встрѣчающееся въ соединеніи съ послѣдней.

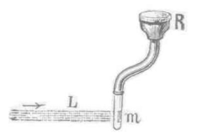
**) Описываемое здѣсь дѣйствіе свѣта на электричество (или, если угодно, на электрическій токъ, производящій наше магнитное поле) далеко не единственное; это только первое отношеніе, встрѣчаемое нами между этими двумя дѣятелями.

превращаетъ въ звуки, то пріемникъ будетъ издавать ноту la_3, въ точности соотвѣтствующую 435 колебаніямъ въ секунду. Понятно, что при болѣе быстромъ вращеніи кружка, пріемникъ R будетъ издавать болѣе высокую ноту и наоборотъ — нота будетъ ниже, если кружокъ станетъ вращаться медленнѣе. Указанное свойство селена (которымъ обладаютъ и нѣкоторыя другія тѣла) было открыто въ 1873 г. Меемъ и Смитомъ и изучено Сэлемъ, Грэгэмомъ Беллемъ, Меркадье и др.

Естественно, конечно, желаніе рѣшить путемъ опыта, можно ли воспользоваться этимъ свойствомъ селена для воспроизведенія голоса, могутъ ли, не мѣшая другъ другу, запечатлѣться на свѣтовомъ лучѣ всѣ элементы колебаній человѣческой рѣчи. Опытъ отвѣчаетъ на этотъ вопросъ утвердительно: такимъ способомъ сообщались между собою лица, удаленные другъ отъ друга на нѣсколько сотъ футовъ. Для этого достаточно говорить въ узкое отверстіе трубы *t* (*фиг.* 116), широкое отверстіе которой закрыто кругомъ изъ слюды M. Наружная поверхность круга посеребрена и потому отражаетъ направляемый на нее сильный пучекъ лучей O. На пути отраженныхъ лучей помѣщается чечевица, дѣлающая пучекъ цилиндрическимъ; благодаря этому, свѣтъ не разсѣевается безполезно въ пространствѣ, а доходитъ до кривого зеркала *m*, послѣ отраженія отъ котораго падаетъ на кусокъ селена, обладающій уже извѣстнымъ намъ свойствомъ. Нарушенія формы заркала M, происходящія подъ вліяніемъ звуковыхъ волнъ, достаточны для произведенія соотвѣтствующихъ колебаній въ силѣ свѣта, а отсюда (*фиг.* 116) и въ магнитномъ полѣ вдоль цѣпи батареи P. Дѣйствительно, въ пріемникахъ отчетливо слышно все, что говорятъ въ *t*. Селенъ S является такимъ образомъ настоящимъ свѣтовымъ микрофономъ, а вся система — **свѣтовымъ телефономъ**.

На фигурѣ 116 представлены два военные поста, сообщающіеся между собой при помощи луча свѣта.

Меркадье удалось даже обойтись безъ селена, элемента и телефона, и устроить весьма простой пріемникъ, названный имъ **термофономъ** *), такъ какъ свѣтъ дѣйствуетъ тутъ единственно своей тепловой силой. Этотъ пріемникъ R (*фиг.* 117) представляетъ собой наполненную воздухомъ коробку, снабженную закопченной слюдяной **) пластинкой *m*, на которую падаетъ пучекъ L. Звуковыя колебанія, производимыя передъ передатчикомъ устроеннымъ такъ же, какъ и предшествующій, вызываютъ колебанія температуры воздуха, наполняющаго коробку. Это объясняется тѣмъ, что подъ вліяніемъ звуковыхъ колебаній форма посеребреннаго слюдяного круга измѣняется — онъ становится то вогнутымъ, то выпуклымъ, отчего измѣняется распредѣленіе пучка лучей, его напряженность. Этихъ измѣненій въ температурѣ достаточно для того, чтобы явились расширенія и сжатія воздуха въ коробкѣ; отсюда — колебаніе пластинки у пріемника R, производящее звукъ.



Фиг. 117.—Пріемникъ-термофонъ.

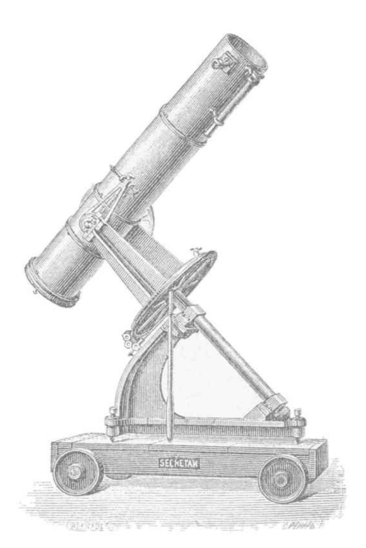
Скажемъ еще болѣе: въ извѣстныхъ случаяхъ человѣкъ воспринимаетъ звукъ и безъ пріемника: для этого достаточно уже направить пучекъ лучей прямо въ его ухо.

Таковы поразительные факты, показывающіе, съ какой быстротой совершается передача свѣта или теплоты. Указавъ на нихъ, мы не только сдѣлали предварительное замѣчаніе о **телефотѣ**, но и указали на то, какъ многочисленны явленія, природа которыхъ намъ неизвѣстна, которыя совершаются въ мірѣ невидимомъ.

---

*) *Термофонъ*, отъ греч. словъ θερμή (термэ)—теплота и φωνή (фонэ)—голосъ, звукъ.

**) *Слюда* состоитъ изъ кремнезема, глинозема, желѣза, поташа, магнезіи; встрѣчается во всякой почвѣ, особенно же въ почвахъ песчаныхъ.



Фиг. 118.—Телескопъ Фукô.

Глава VI.

Телефотъ.

Видѣніе весьма удаленныхъ и видѣніе чрезвычайно мелкихъ предметовъ. Телескопъ.—Телефотъ.—Микроскопъ.

Мы видѣли, какіе совершенные способы выработаны наукой для записыванія, воспроизведенія и передачи рѣчи, какое бы разстояніе ни требовалось преодолѣть. Посмотримъ теперь, подвинулась-ли наука на столько же и въ вопросѣ о видѣніи на большомъ разстояніи. Получить возможность слѣдить за движеніями, жестами и выраженіемъ лица того самаго человѣка, съ которымъ мы говоримъ по телефону, видѣть окружающихъ его людей,—или же любоваться какой-нибудь отдаленной живописной мѣстностью, не встрѣчая ни малѣйшихъ препятствій ни въ высокихъ зданіяхъ и возвышенностяхъ почвы, ни въ чемъ другомъ, преграждающемъ свѣтъ,—вотъ что требуется. И нельзя сказать, чтобъ это было неосуществимо: современныя научныя данныя позволяютъ смотрѣть на это какъ на дѣло вполнѣ возможное въ будущемъ. Для зрѣнія будетъ сдѣлано то же, что сдѣлано для слуха: зрительное сообщеніе сможетъ быть столь же мгновеннымъ, какъ и слуховое. Мы получимъ возможность не только слышать звуки, производимые на огромномъ разстояніи отъ насъ, но и видѣть, какъ бы по волшебству, то, что совершается гдѣ-бы то ни было на земномъ шарѣ; обозрѣніе всего земнаго шара станетъ дѣломъ нѣсколькихъ минутъ. Тотъ приборъ, при помощи котораго это цѣль будетъ осуществлена, еще не устроенъ, хотя

устройство его служило предметомъ весьма настойчивыхъ, строго-научныхъ методическихъ изслѣдованій. Но для него уже придумано названіе—**телефотъ** *).

Для того, чтобы понять тѣ факты, которые лежатъ въ основѣ этихъ изслѣдованій, чтобы составить себѣ надлежащее представленіе о томъ, въ какой мѣрѣ *телефотъ* возможенъ, необходимо сперва внимательно разсмотрѣть тѣ изысканныя человѣческимъ геніемъ средства, благодаря которымъ уже и въ настоящее время предѣлы нашего зрѣнія весьма обширны.

Съ давнихъ поръ человѣкъ стремится ясно видѣть удаленные предметы, простымъ глазомъ имъ вовсе невидимые, или же видимые неясно; для этой цѣли придуманы снаряды, называемые **телескопами** **) и имѣющіе своимъ главнымъ назначеніемъ—открывать намъ тайны удаленныхъ міровъ, небесныхъ тѣлъ, изученіе которыхъ составляетъ область астрономіи.

Посредствомъ **микроскопа**, изобрѣтеніе котораго относится къ тому же времени, мы разсматриваемъ уже не удаленные предметы, вслѣдствіе своей отдаленности представляющіеся намъ малыми и неясными, а наоборотъ, тѣла весьма близкія, повсюду окружающія насъ, милліонами находящіяся въ воздухѣ и въ водѣ, но не оказывающія ни малѣйшаго вліянія на прозрачность послѣднихъ, невидимые нами по причинѣ своей крайне незначительной величины. При помощи микроскопа намъ сдѣлались доступны безчисленное множество чрезвычайно странныхъ и загадочныхъ существъ. Въ сравненіи съ этими микробами, привычки и роль которыхъ въ борьбѣ за существованіе съ такой тревогою изслѣдуются современными учеными, кажутся гигантски-большими самыя маленькія изъ живыхъ существъ, видимыхъ невооруженнымъ глазомъ.

На ряду съ этими столь важными снарядами, существуетъ не мало другихъ, основанныхъ на однородныхъ фактахъ и законахъ, но имѣющихъ цѣлью не столько просвѣщеніе, сколько развлеченіе: помощью ихъ можно легко производить какъ самыя драматическія, такъ и самыя забавныя иллюзіи.

Посредствомъ всѣхъ этихъ драгоцѣнныхъ снарядовъ мы получаемъ *изображенія* тѣхъ предметовъ, отъ которыхъ падаетъ въ нихъ свѣтъ. Для того, чтобы понять, какъ образуются изображенія, необходимо ознакомиться съ нѣкоторыми свойствами свѣта—этого дѣятеля зрѣнія, изученіе котораго составляетъ предметъ *оптики* ***).

Для пониманія дѣйствія этихъ приборовъ нѣтъ необходимости знать сущность, причину свѣта. Притомъ же и нельзя уловить его непосредственно, устроить такъ, чтобъ онъ самъ, такъ сказать, записалъ свою исторію. Того, что мы сдѣлали со звукомъ, мы со свѣтомъ сдѣлать не можемъ. Но при помощи ряда наблюденій и разсужденій, принадлежащихъ главнымъ образомъ Френелю ****), ученые пришли къ заключенію, что свѣтъ, вѣроятнѣе всего, есть дѣйствіе, производимое на глазъ чрезвычайно быстрымъ колебательнымъ движеніемъ (ранѣе мы привели по этому поводу цифры) частичекъ среды, называемой **эфиромъ**. Убѣдиться въ существованіи этой среды непосредственнымъ опытомъ, помощью вѣсовъ или другихъ, самыхъ точныхъ снарядовъ, нѣтъ никакой возможности. По этой гипотезѣ, свѣтъ въ такомъ же смыслѣ есть движеніе эфира, осязаемое глазомъ, какъ колебательное движеніе матеріи, осязаемое ухомъ, есть звукъ.

Въ той части оптики, въ которой изучается образованіе изображеній, мы всегда имѣемъ дѣло не со свѣтомъ, какъ таковымъ, а съ *лучемъ свѣта*; часто встрѣчается также выраженіе: *свѣтящаяся точка*. Всякое свѣтящееся тѣло—самосвѣтящееся, какъ пламя, солнце и т. п., или освѣщенное, какъ большин-

*) *Телефотъ*, отъ греч. словъ τῆηε (теле)—далеко и φῶς (фосъ)—свѣтъ.

**) *Телескопъ*, отъ греч. словъ τῆηε и σκοπέω (скопео)—разсматриваю, наблюдаю.

***) *Оптика*, отъ греч. ὀπτάζω (оптадзо)—вижу; *оптическими приборами* называются приборы, дающіе изображенія предметовъ.

****) Жанъ-Огюстэнъ Френель, французскій физикъ, род. въ Брольи (Эръ) 10 мая 1788 г., ум. въ Вилль-д'Аврэ въ 1827 г.



Фиг. 119.—Симметричное мнимое изображенiе въ плоскомъ зеркалѣ.

ство окружающихъ насъ тѣлъ,—мы можемъ представлять себѣ состоящимъ изъ безчисленнаго множества свѣтящихся точекъ. Свѣтъ отъ свѣтящейся точки распространяется во всѣ стороны по прямымъ линіямъ; каждая такая прямая линія, каждое такое направленіе свѣта, называется *свѣтовымъ лучемъ*. Къ обозначенію „свѣтовой лучъ" привело наблюденіе прямолинейныхъ пучковъ свѣта, проходящихъ черезъ малыя отверстія; но получить отдѣльный лучъ путемъ опыта нѣтъ возможности, такъ какъ если станемъ все болѣе и болѣе уменьшать отверстіе, то явленіе скоро измѣнится,—свѣтъ начнетъ разсѣеваться по всѣмъ направленіямъ,—произойдетъ явленіе *диффракіи*, или *уклоненія* *).

Свѣтовой лучъ есть, слѣдовательно, понятіе отвлеченное, подобно свѣтящейся точкѣ. Такимъ образомъ на чертежѣ первый будемъ изображать геометрической линіей, а вторую—точкой.

Какимъ образомъ мы можемъ направить пучекъ лучей въ желаемое мѣсто? Путемъ **отраженія и преломленія** лучей. Въ чемъ состоитъ то и другое, мы тотчасъ убѣдимся изъ весьма простого опыта. Если свѣтъ, при своемъ распространеніи, не встрѣчаетъ на пути никакой преграды, то онъ никогда не уклоняется отъ прямолинейнаго направленія. Не такъ, если на пути его находится какая-либо преграда, или если прозрачныя тѣла—средины, чрезъ которыя онъ послѣдовательно проходитъ, представляются неоднородными. Въ этомъ легко убѣдиться, наблюдая тоненькій пучекъ лучей (*фиг.* 120), который шелъ сначала въ воздухѣ, а потомъ встрѣтилъ поверхность воды С. Въ В, гдѣ пучекъ АВ, называемый *падающимъ*, встрѣчаетъ воду, онъ раздѣляется на двѣ части: одна часть возвращается обратно въ воздухъ по направленію BA_1, другая переходитъ въ воду и распространяется въ ней по направленію BA_2: BA_1 есть *отраженный* лучъ, а BA_2—*преломленный*. Въ этомъ-то раздѣленіи и состоятъ явленія **отраженія** и **преломленія** свѣта **).

Образованіе всякихъ изображеній происходитъ благодаря *отраженію* и *преломленію*. Основываясь на законахъ этихъ явленій, нетрудно въ каждомъ данномъ случаѣ найти форму и положеніе изображенія, причемъ опытъ всегда не-

*) *Диффракія*, отъ латинск. слова *diffringo* (диффринго) — разламываю, разбиваю.

**) Проведемъ изъ точки В прямую линію BN, во всѣ стороны одинаково наклоненную къ поверхности воды, т.-е. *перпендикулярную*, или *нормальную* къ этой поверхности. Опытъ показываетъ, что падающій пучекъ AB, перпендикуляръ BN, лучи отраженный BA_1 и преломленный BA_2—всѣ лежатъ въ одной и той же плоскости; кромѣ того, лучи отраженный BA_1 и падающій AB образуютъ съ перпендикуляромъ BN одинаковый уголъ,—т.-е. уголъ ABN, называемый *угломъ паденія*, равенъ углу NBA_1—*углу отраженія*; преломленный же лучъ лежитъ ближе къ перпендикуляру NBN′, нежели лучъ падающій, что выражаютъ, говоря, что вода есть средина болѣе преломляющая, чѣмъ воздухъ. То же самое относится и къ стеклу.

Если бы падающій лучъ имѣлъ направленіе NB,—перпендикулярное къ поверхности, то одна часть его, не преломившись, стала бы распространяться въ водѣ по направленію BN′, а другая отразилась бы по линіи BN.

Если въ плоскости лучей, около точки В опишемъ окружность, и изъ точекъ a и a_2, въ которыхъ окружность пересѣкается лучами падающимъ AB и преломленнымъ BA_2, опустимъ на перпендикуляръ NBN′ перпендикуляры ab и a_2b_2, то найдемъ, что отношеніе длины линіи ab къ линіи a_2b_2 всегда одно и то же, какова бы ни была величина угла паденія NBN. Это отношеніе, въ нашемъ случаѣ, т.-е. при переходѣ луча изъ воздуха въ воду, равно приблизительно $\frac{4}{3}$ и называется *показателемъ преломленія воды въ отношеніи воздуха*. При измѣненіи срединъ измѣняется и показатель преломленія.

Еслибы падающій пучекъ имѣлъ направленіе A_1B, то онъ отразился по направленію BA. Эту зависимость выражаютъ, называя направленія AB и A_1B *сопряженными въ отношеніи отраженія*; съ другой стороны, направленія AB и A_2B оказываются *сопряженными въ отношеніи преломленія*. Зависимость эту иногда называютъ также *закономъ оборотности направленій* лучей. Этотъ законъ есть одинъ изъ самыхъ важныхъ въ оптикѣ свѣтовыхъ лучей, иначе—геометрической оптикѣ.

Всѣ падающіе лучи, заключенные въ углѣ CBN, находятся, послѣ преломленія, въ предѣлахъ угла A_3BN'. Поэтому, если какой-нибудь лучъ, идетъ изъ глубины, образуя съ перпендикуляромъ BN′ уголъ, большій угла A_3BN', то изъ воды онъ выйти не можетъ и отражается отъ точки В обратно въ воду, такъ какъ поверхность воды въ отношеніи такихъ лучей играетъ роль плоскаго зеркала. Это явленіе называется *полнымъ внутреннимъ отраженіемъ*.

измѣнно убѣждаетъ насъ въ совершенной точности этихъ законовъ. Займемся сперва изображеніями, получаемыми при помощи отраженія.

Всякая полированная поверхность образуетъ *зеркало*, потому что, отражая свѣтъ, падающій на нее отъ предмета, она даетъ изображеніе этого предмета. Простое наблюденіе показываетъ, что и прозрачныя тѣла обладаютъ способностью отражать свѣтъ настолько, чтобы получались изображенія предметовъ, причемъ изображенія тѣмъ отчетливѣе, чѣмъ ярче освѣщены предметы. По этой причинѣ мы видимъ въ глубинѣ рѣки или колодца, напр., изображенія солнца и звѣздъ; по той же причинѣ мы, сидя въ комнатѣ, видимъ чрезъ оконныя стекла на улицѣ изображенія лампъ, освѣщающихъ комнату.

Употребленіе зеркалъ восходитъ до глубокой древности. Уже въ книгѣ *Исходъ*, напр., читаемъ, что израильскія женщины пользовались мѣдными зеркалами. Въ качествѣ зеркалъ употреблялись также драгоцѣнные камни, какъ изумрудъ, яшма, обсидіанъ (родъ агата); найдены превосходно сохранившіеся экземпляры такихъ зеркалъ. Нынѣ употребляемое плоское зеркало (изобрѣтеніе котораго приписывается жителямъ Сидона, теперешней Саиды, на восточномъ берегу Средиземнаго моря) состоитъ изъ стекляннаго листа, задняя поверхность котораго покрыта металломъ,—серебромъ, или амальгамой олова (амальгама олова есть ртутный растворъ олова),—называемымъ подводкой, или наводкой зеркала. Сначала въ (VI вѣкѣ) умѣли приготовлять только небольшія плоскія зеркала. Венеціанцы, большіе мастера въ обработкѣ стекла, впослѣдствіи научились выдувать довольно большія зеркала, но дававшія не вполнѣ правильныя изображенія, что, какъ увидимъ вскорѣ, объясняется нестрого плоской поверхностью этихъ зеркалъ. Способъ приготовленія зеркалъ путемъ отливки (т. е. выливанія расплавленнаго стекла на желѣзную доску) найденъ Теваромъ въ 1688 г.; снятое съ доски стекло полируютъ съ обѣихъ сторонъ, послѣ чего одна сторона или покрывается амальгамой олова, или по способу Дрейтона (предложенному въ 1860 г.)—слоемъ серебра.

Наибольшее значеніе въ практикѣ имѣютъ плоскія и сферическія (т.-е. съ шаровой поверхностью) зеркала.

Если на плоское зеркало M упадутъ лучи отъ свѣтящейся точки A, то они отразятся отъ зеркала такимъ образомъ, что *ихъ продолженія* пресѣкутся въ точкѣ A′, *симметричной* съ точкою A относительно зеркала (*фиг.* 119) *). A′ есть изображеніе точки A. *Но въ дѣйствительности его не существуетъ —получить его на экранѣ нельзя; глазъ видитъ его образованнымъ лучами только въ силу своей способности продолжать воспринятые лучи.* Глазъ, слѣдовательно, получаетъ такое впечатлѣніе, какъ будто лучи выходятъ изъ точки A′. Поэтому такое изображеніе называется *мнимымъ*.

Зная, какъ получается изображеніе одной свѣтящейся точки въ плоскомъ зеркалѣ, легко понять, что если возьмемъ какое-либо тѣло, то каждая изъ точекъ этого тѣла дастъ свое изображеніе, и отъ совокупности всѣхъ изображеній глазъ получитъ такое же впечатлѣніе, какъ отъ непосредственнаго разсматриванія тѣла.

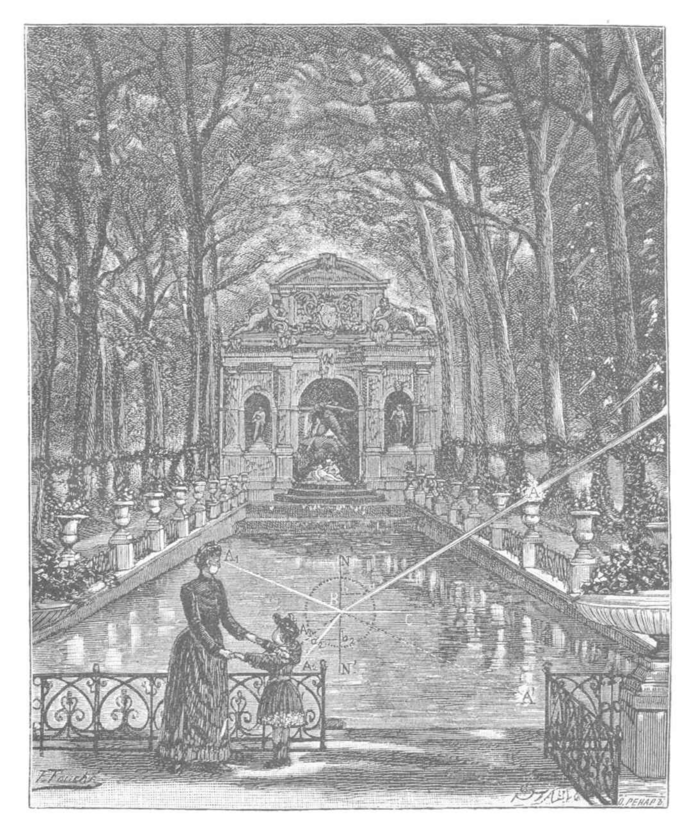
---

*) Пусть на зеркало падаетъ, напр., лучъ AB отъ свѣтящейся точки A; этотъ лучъ отразится по линіи BA_1. По законамъ отраженія, уголъ паденія луча равенъ углу отраженія, и лучи падающій и отраженный находятся въ плоскости, проведенной чрезъ линію AB и перпендикуляръ BN. Зеркало пересѣкается этой плоскостью по линіи SS′.

Такъ какъ уголъ ABS равенъ углу A_1BS', а съ другой стороны, углы SBA′ и A_1BS' равны какъ вертикальные, то продолженіе BA′ отраженнаго луча BA_1 пересѣчетъ перпендикуляръ ASA′, опущенный изъ точки A на зеркало, въ точкѣ A′, находящейся въ одинаковомъ съ точкой A разстояніи отъ зеркала. Такъ какъ свѣтящаяся точка A имѣетъ опредѣленное положеніе въ пространствѣ, то и положеніе изображенія ея A′ должно быть одинаковымъ, какой бы лучъ мы ни разсматривали, т.-е. продолженія всѣхъ отраженныхъ лучей должны пересѣчься въ точкѣ A′.

Глазъ получаетъ впечатлѣнія только тѣхъ отраженныхъ лучей, на пути которыхъ онъ помѣщенъ. На фигурѣ 119 онъ видитъ изображеніе A′, благодаря пучку BA_1; въ другихъ случаяхъ онъ будетъ видѣть то же изображеніе, благодаря другимъ пучкамъ.

Помощью весьма изящнаго и всѣмъ доступнаго опыта мы можемъ убѣдиться въ томъ, что изображеніе всегда симметрично предмету относительно зеркала, т.-е. что предметъ и его изображеніе находятся въ равныхъ разстояніяхъ отъ зеркала и равны по величинѣ; такъ, если предметъ помѣщается, наприм., на аршинъ впереди зеркала, то изображеніе кажется намъ находящимся на аршинъ позади зеркала. Возьмемъ стеклянное зеркало безъ подводки (мы уже зна-



Фиг. 120.—Отраженіе и преломленіе свѣта.

емъ, что и въ такихъ зеркалахъ получаются изображенія), поставимъ его вертикально, и противъ обоихъ его отражающихъ поверхностей, на линіи, перпендикулярной къ зеркалу, и въ равныхъ отъ него разстояніяхъ помѣстимъ два совершенно одинаковые подсвѣчника со свѣчами; если зажжемъ свѣчи у одного подсвѣчника, то свѣчи будутъ казаться зажженными и у другого; Для того, чтобы такое явленіе было возможно, конечно, нужно, чтобы изображеніе каждаго пламени образовалось на строго-симметрично расположенномъ фитилѣ. Для

нарушенія иллюзіи достаточно уже малѣйшаго неправильнаго перемѣщенія подсвѣчниковъ или измѣненія первоначальной формы зажженныхъ свѣчъ.

Симметричностью изображеній пользуются при изученіи рисованія. Установивъ вертикально посрединѣ дощечки стеклянное зеркало безъ подводки, по одну сторону отъ него кладутъ плашмя рисунокъ, который требуется скопировать; тогда изображеніе его получается на листѣ бѣлой бумаги, помѣщенномъ по другую сторону отъ зеркала.

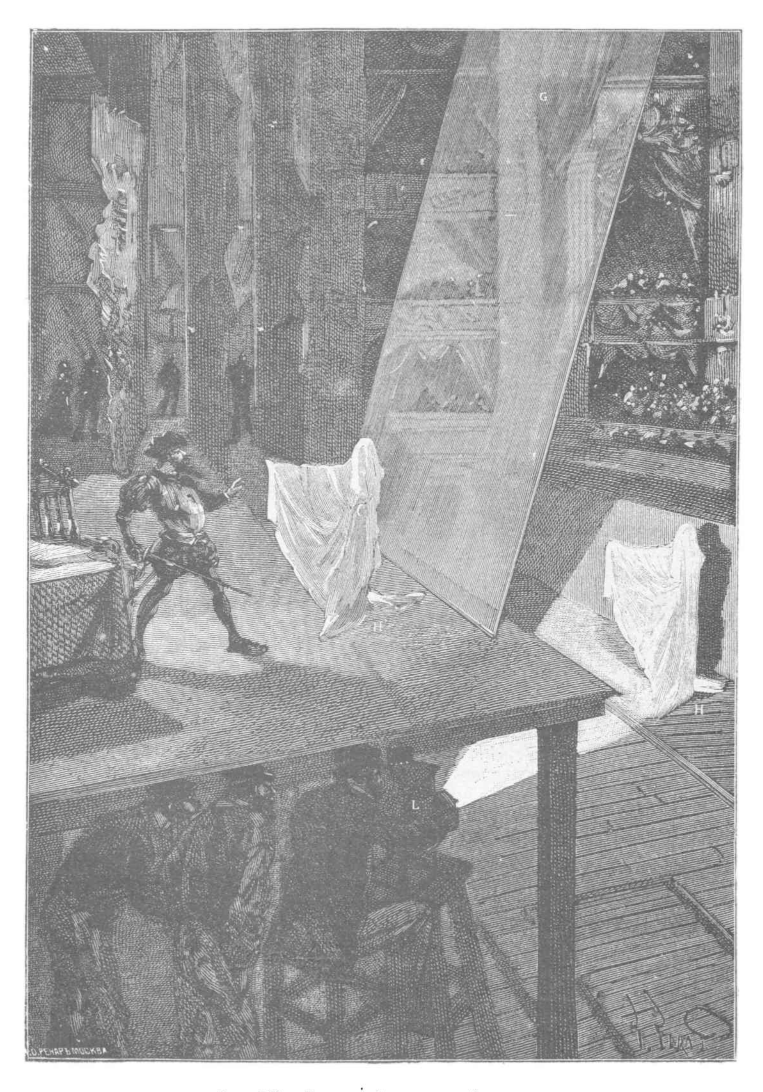
Большимъ стекляннымъ зеркаломъ безъ подводки пользуются также для *вызова теней* въ театрѣ. На краю сцены (*фиг.* 122) ставятъ большое полирован



Фиг. 121.—Возможенъ ли зеркальный телефотъ?

ное стекло G, наклонивъ его въ сторону зрителей. Въ H помѣщается актеръ, одѣтый въ саванъ и ярко освѣщенный электрической лампой L; лучи, выходящіе изъ H, послѣ отраженія зеркаломъ, идутъ въ глаза зрителей, и послѣдніе видятъ на сценѣ въ H′ безплотный духъ. Привидѣніе тотчасъ изчезаетъ, если опустить надъ актеромъ занавѣсъ или прекратить освѣщеніе его. Въ то же время публика видитъ прямо чрезъ стекло другихъ находящихся на сценѣ актеровъ, но послѣдніе не видятъ тѣни, такъ какъ помѣщаются позади зеркала.

Зрительныхъ иллюзій существуетъ большое множество. Онѣ основаны, съ одной стороны, на томъ, что мы можемъ направить лучи отъ предмета, послѣ нѣсколькихъ отраженій отъ различныхъ, надлежащимъ образомъ расположенныхъ, зеркалъ, въ желаемое мѣсто,— съ другой, на томъ, что глазъ всегда видитъ предметы по послѣднему направленію, въ какомъ до него доходятъ лучи.



Фиг. 122.—Безплотный театральный призракъ.

Но въ такомъ случаѣ, можетъ явиться мысль, что при помощи зеркалъ можно построить **телефотъ**, что для этого было бы достаточно расположить на столбахъ, находящихся въ надлежащихъ разстояніяхъ другъ отъ друга (*фиг.* 121), рядъ зеркалъ такимъ образомъ, чтобъ лучи, испускаемые предметомъ, послѣ нѣсколькихъ послѣдовательныхъ отраженій отъ зеркалъ m_3 m_2 m_1 m, проникли въ глазъ лица находящагося на пріемной станціи. Къ сожалѣнію, мысль эта неосуществима, во-первыхъ, вслѣдствіе чрезвычайной трудности укрѣпленія и надлежащей установки зеркалъ на значительномъ протяженіи, и во-вторыхъ, вслѣдствіе неизбѣжнаго ослабленія свѣта при прохожденіи имъ такого большого разстоянія.

Аналогичное этому сочетаніе зеркалъ нашло себѣ примѣненіе въ устройствѣ такихъ снарядовъ, какъ *зеркало-шпіонъ*, при помощи котораго торговецъ можетъ слѣдить за цѣлостью выставленнаго товара, *полемоскопъ, волшебная трубка* и т. д.

Полемоскопъ *) придуманъ въ 1637 г. германскимъ астрономъ Гевеліусомъ. „Этотъ снарядъ,—говоритъ Гевеліусъ,—можетъ быть полезнымъ на войнѣ, особенно при осадахъ, такъ какъ при помощи его можно наблюдать за непріятельскимъ лагеремъ, не рискуя быть замѣченнымъ". Тутъ лучи отъ отдаленныхъ предметовъ, послѣ отраженія отъ одного зеркала, падаютъ на другое, скрытое въ какомъ-нибудь безопасномъ мѣстѣ, гдѣ находится наблюдатель.

Располагая четыре зеркала m_1 m_2 m_3 m_4 такъ, какъ показано на фигурѣ 123, получаемъ *волшебную трубку—волшебную* потому, что наблюдатель видитъ предметъ O, несмотря на то, что между двумя трубками TT, т.-е. въ томъ самомъ направленіи, въ которомъ онъ смотритъ, помѣщенъ экранъ E.

До сихъ поръ мы получали только одно изображеніе предмета, но нетрудно получить заразъ множество изображеній.

Если предметъ помѣщенъ между двумя параллельными зеркалами, то лучи, падая съ одного зеркала на другое, будутъ много разъ послѣдовательно отражаться отъ обоихъ; отъ этого получится множество изображеній, лежащихъ на линіи, проведенной чрезъ предметъ перпендикулярно къ зеркаламъ. Если же два зеркала, между которыми находится предметъ, не параллельны, а наклонены другъ къ другу подъ угломъ, то такимъ же образомъ образуется цѣлый рядъ изображеній, расположенныхъ по окружности, центръ которой находится на линіи пересѣченія зеркалъ, и въ плоскости, проходящей чрезъ предметъ перпендикулярно къ зеркалу.

На этомъ основанъ *калейдоскопъ*, придуманный Брустеромъ въ 1817 г.

Калейдоскопъ **) состоитъ изъ двухъ зеркалъ, наклоненныхъ другъ къ другу подъ угломъ и помѣщенныхъ въ картонной трубкѣ. На одномъ изъ концовъ трубки ставятъ въ близкомъ разстояніи одинъ отъ другого два стеклянныхъ кружка—наружный изъ матоваго, а внутренній изъ обыкновеннаго стекла; между стеклами помѣщаютъ кусочки цвѣтного стекла или цвѣтной бумаги, которые разсматриваютъ чрезъ малое отверстіе, расположенное на другомъ концѣ трубки. Получаемыя здѣсь изображенія, которыя легко разнообразить, слегка встряхивая трубку, часто образуютъ такія красивыя сочетанія, что ими пользуются при составленіи рисунковъ для тканей.

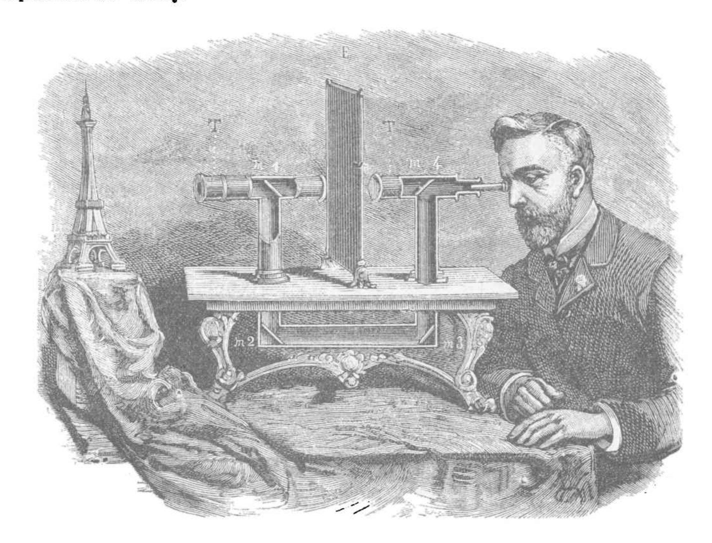
Занимавшее насъ до сихъ поръ плоское зеркало можетъ давать только мнимое изображеніе, по величинѣ всегда равное предмету. Вогнутыя же сферическія зеркала могутъ давать дѣйствительное или мнимое изображеніе, бо́льшее, нежели предметъ, или меньшее его, далѣе въ прямомъ или обратномъ видѣ относительно предмета,—все зависитъ отъ относительнаго положенія предмета и зеркала.

---

*) *Полемоскопъ*, отъ греч. словъ: πόλεμος (полемосъ)—война, и σκοπέω—смотрю.

**) Отъ греч. словъ: κάλος (калосъ)—красота, εἶδος (ейдосъ)—видъ, изображеніе—и σκοπέω—наблюдаю.

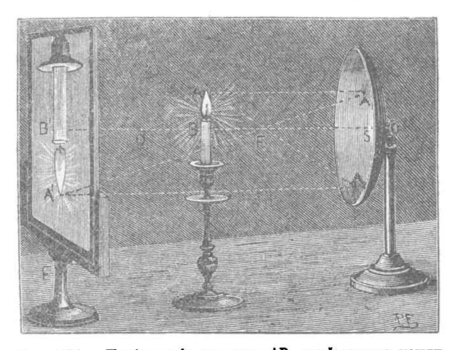
Основываясь на законахъ преломленія свѣта, мы могли бы опредѣлить напредъ, каково будетъ изображеніе, въ каждомъ данномъ случаѣ. Но лучше обратимся къ опыту.



Фиг. 123.—Оптическій обманъ: волшебная трубка.

Замѣтимъ предварительно, что линія, проходящая черезъ центръ O и середину S зеркала, называется *главною оптическою осью* зеркала; точка F, лежащая на срединѣ линіи OS, называется *главнымъ фокусомъ*, а FS—*главнымъ фокуснымъ разстояніемъ*.

Теперь будемъ перемѣщать по направленію оси зеркала какой-нибудь предметъ, напр., горящую свѣчу, и искать его изображеніе просто глазомъ или стараясь принять его на небольшой экранъ изъ бѣлой бумаги или бѣлой матеріи. Этотъ опытъ дастъ намъ слѣдующіе результаты, которые необходимо помнить для опредѣленія дѣйствія зеркала при данныхъ условіяхъ:

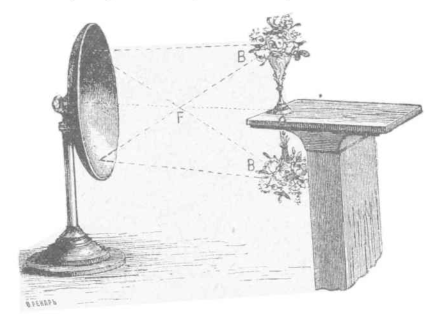


Фиг. 124.—Изображеніе предмета AB, помѣщеннаго между центромъ и главнымъ фокусомъ вогнутаго зеркала. Если бы предметъ находился въ A'B', то изображеніе было бы въ AB.

1. Если предметъ помѣщается въ AB, между главнымъ фокусомъ F и центромъ O, то зеркало даетъ изображеніе A'B': оно дѣйствительное (т.-е. можетъ быть принято на экранъ), обратное, *увеличенное* и всегда находится за центромъ O (*фиг.* 124).

2. Если предметъ помѣщается близъ центра O зеркала, то изображенiе A'B' дѣйствительное, обратное, *по величинѣ равно предмету* и расположено симметрично съ нимъ по отношенiю къ главной оси зеркала. Образованiе такого именно изображенiя лежитъ въ основѣ красивой иллюзiи,—такъ-называемаго *магическаго букета*, который легко получить помощью слѣдующаго расположенiя (*фиг.* 125). Тотчасъ подъ центромъ O зеркала скроемъ за экраномъ опрокинутый букетъ цвѣтовъ, а противъ послѣдняго, надъ центромъ, помѣстимъ въ прямомъ положенiи вазу; тогда зрителямъ будетъ казаться, что они видятъ въ вазѣ настоящiй букетъ, хотя въ дѣйствительности его тамъ нѣтъ, а есть только изображенiе, конечно, неосязаемое.

3. Въ томъ случаѣ, когда предметъ находится за центромъ, получится то же, что представлено на фигурѣ 124, но въ обратномъ порядкѣ: изображенiе занимаетъ мѣсто предмета и наоборотъ; изображенiе въ этомъ случаѣ дѣйствительное, обратное и *уменьшенное*; оно тѣмъ меньше и тѣмъ ближе къ главному фокусу, чѣмъ дальше помѣщенъ предметъ.



Фиг. 125.—Магическiй букетъ.
Изображенiе предмета, помѣщеннаго близъ центра вогнутаго зеркала.

4. Поставимъ предметъ AB между главнымъ фокусомъ F и зеркаломъ; тогда глазъ увидитъ, за зеркаломъ, мнимое, прямое и увеличенное изображенiе *).

Разсматривая получаемыя такимъ образомъ изображенiя, мы тотчасъ же убѣждаемся въ томъ, что чѣмъ онѣ больше, тѣмъ онѣ блѣднѣе, тѣмъ менѣе ясны. Это объясняется тѣмъ, что при неизмѣнномъ количествѣ лучей увеличивается площадь, которая должна быть освѣщена этими лучами, слѣдовательно сила, яркость освѣщенiя этой площади необходимо должна быть меньше.

О выпукломъ зеркалѣ многаго сказать нельзя; оно всегда даетъ мнимое изображенiе помѣщеннаго противъ него предмета,—прямое и *уменьшенное*, тѣмъ болѣе уменьшенное, чѣмъ *дальше* отъ зеркала находится предметъ; отражая въ такомъ зеркалѣ желаемую группу предметовъ, художникъ можетъ получить миніатюрное изображенiе всей группы, которое въ виду удобства обозрѣнiя весьма легко срисовать (*фиг.* 126).

Такъ какъ изображенiе, даваемое выпуклымъ зеркаломъ тѣмъ меньше, чѣмъ дальше отъ зеркала помѣщается предметъ, то въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ поверхность предмета представляетъ рельефъ, пропорцiональности по величинѣ между частями изображенiя не существуетъ; такъ, напр., въ изображенiи лица, носъ, находящiйся къ зеркалу всего ближе, будетъ представляться слишкомъ большимъ, при сопоставленiи его со лбомъ, ушами и т. д.; предметы будутъ казаться, слѣдовательно, обезображенными.

Въ вогнутомъ зеркалѣ обезображенiе имѣетъ обратный характеръ: когда предметъ помѣщается близко къ зеркалу, относительно меньшими являются, въ изображенiи, именно ближайшiя къ зеркалу части, потому что въ этомъ случаѣ мнимое изображенiе должно быть тѣмъ больше, чѣмъ дальше отъ зеркала, въ предѣлахъ между главнымъ фокусомъ и серединой, находится предметъ.

*) Съ такимъ же главнымъ фокусомъ и такимъ же построенiемъ изображенiй мы сейчасъ встрѣтимся, когда будетъ рѣчь о *чечевицахъ*, въ которыхъ оптическiй центръ играетъ ту же роль, что центръ O у зеркала.

Въ цилиндрическихъ, коническихъ и другихъ зеркалахъ обезображеніе гораздо значительнѣе и создаетъ любопытное явленіе измѣненія формы, или *анаморфозъ*, состоящее въ томъ, что неправильное изображеніе даетъ, послѣ отраженія, правильное и наоборотъ.

Сферическія зеркала были уже извѣстны древнимъ, наблюдавшимъ образованіе дѣйствительныхъ и обратныхъ изображеній въ вогнутыхъ зеркалахъ, что видно изъ многихъ мѣстъ сочиненія Сенеки *Естественные вопросы*.

Александрійскій маякъ, построенный въ 283 г. до Р. Х., въ царствованіе Птоломея Филадельфа, книдяниномъ Сострато мъ и считавшійся однимъ изъ семи чудесъ свѣта, имѣлъ на своей вершинѣ (на разстояніи около 330 фут. отъ земли) огромное вогнутое зеркало, дававшее, по словамъ современниковъ, отраженіе кораблей раньше, чѣмъ ихъ замѣчали на горизонтѣ. Это не можетъ казаться удивительнымъ въ виду того, что, во-первыхъ, зеркало, благодаря своей огромной отражающей поверхности, могло собирать весьма большое количество лучей отъ отдаленнаго предмета,—во-вторыхъ, весьма малое изображеніе, произведенное схожденіемъ большого множества отраженныхъ лучей, должно было быть весьма яркимъ, а слѣдовательно,—весьма яснымъ. Этотъ маякъ былъ, такъ сказать, **телефотомъ** древнихъ.

Всѣ занимавшія насъ до сихъ поръ изображенія мы получали путемъ *отраженія* свѣта. Посмотримъ теперь, какъ получаются изображенія предметовъ путемъ *преломленія* свѣта въ оптическихъ чечевицахъ и какимъ образомъ, употребляя различныя сочетанія подобныхъ чечевицъ, устраиваютъ тѣ или другіе оптическіе приборы.

Оптической чечевицей называютъ прозрачное тѣло, ограниченное двумя обыкновенно шаровыми поверхностями *). Чечевицы извѣстны уже давнымъ-давно. Давидъ Брустеръ представилъ въ Британскую ассоціацію, 1-го сентября 1852 г., плосковыпуклую чечевицу, сдѣланную изъ горнаго хрусталя. Эта чечевица имѣла четыре сантиметра въ толщину, и, повидимому, составляла часть какого-нибудь оптическаго прибора; найдена она была въ Корсабадѣ, близъ развалинъ Ниневіи. Въ 1859 г. нашли стеклянную чечевицу въ одной римской гробницѣ. Далѣе, у Ренана находимъ слѣдующее замѣчаніе о Неронѣ: „Будучи близорукъ, Неронъ обыкновенно слѣдилъ за боемъ гладіаторовъ съ вогнутымъ изумрудомъ въ глазу, соотвѣтствовавшимъ нашему лорнету" **). Это показываетъ, что нѣкоторыя свойства чечевицъ были извѣстны уже восемнадцать столѣтій назадъ. Быть можетъ, Неронъ былъ изобрѣтателемъ монокля (*фиг.* 127) ***).

Чечевицы, употребляемыя въ настоящее время, изготовляются обыкновенно изъ наилучшихъ сортовъ стекла, именно изъ *кронгласа и флинтгласа* ****).

Форма и размѣры чечевицы зависятъ отъ радіусовъ OS, O'S' ограничивающихъ ее шаровыхъ поверхностей и отъ относительнаго положенія центровъ O и O' этихъ поверхностей.

Линія OO', проходящая черезъ центры, называется *главною оптическою осью* чечевицы. Всякое сѣченіе чечевицы, сдѣланное по плоскости, проходящей чрезъ главную оптическую ось, называется *главнымъ сѣченіемъ*.

На фигурѣ 128 представлено главное сѣченіе чечевицы, выпуклой съ обѣихъ сторонъ, или *двояковыпуклой*.

---

*) Когда-то такъ называлось, по сходству съ чечевичнымъ зерномъ, только стекло, ограниченное двумя выпуклыми шаровыми поверхностями; но впослѣдствіи названіе это распространилось на всякія прозрачныя тѣла, ограниченныя двумя шаровыми или же плоской и шаровой поверхностями.

) **Э. Ренанъ. *Антихристъ*, стр. 172. (По Плинію, *Естест. ист.*, XXXVIII, v).

***) Нужно замѣтить, что названное свойство такихъ изумрудовъ древніе приписывали болѣе ихъ составу, нежели формѣ.

****) *Кронгласъ* отличается большимъ содержаніемъ окиси калія. *Флинтгласъ* есть *хрусталь*, т.-е. стекло, содержащее окись свинца; онъ имѣетъ слегка желтоватый цвѣтъ. *Кронгласъ* приговляется, примѣрно, изъ 120 частей чистаго (кварцеваго) песку, 35—поташа, 20—соды, 20—мѣлу 1—бѣлаго мышьяка; во *флинтгласѣ* содержится, наприм.: 42,5 частей кремнезема, 48,5—окиси винца, 11—окиси калія, 48—глинозема, 0,5—извести и слѣды бѣлаго мышьяка.

На фигурѣ 129—главное сѣченіе чечевицы, имѣющей одну плоскую, а другую выпуклую поверхность, — *плосковыпуклой;* здѣсь главная оптическая ось есть перпендикуляръ, опущенный изъ центра O шаровой поверхности на плоскую.



Фиг. 126.— Прямое и мнимое изображеніе въ выпукломъ зеркалѣ. Срисовываніе его художникомъ.

Наконецъ, если центръ обѣихъ пересѣкающихся шаровыхъ поверхностей помѣщаются по одну сторону отъ чечевицы, то послѣдняя есть *вогнутовыпуклая* (*фиг.* 130).

Эти три рода чечевицъ всѣ имѣютъ острые края, т.-е. они толще въ серединѣ, чѣмъ у краевъ, что видно на глазъ и замѣтно на ощупь. Наоборотъ, у чечевицъ, изображенныхъ на фигурахъ 131, 132, 133, середина тоньше, нежели края.

Первая вогнута съ обѣихъ сторонъ — *двояковогнутая,* вторая — *плосковогнутая,* а третья—*выпукловогнутая.*

Какъ дѣйствуетъ, наприм., двояковыпуклая чечевица на встрѣчаемыя ею лучи? Для того, чтобы видѣть это хорошенько, чтобъ устранить мѣшающій посторонній свѣтъ, будемъ производить опытъ въ темной комнатѣ: такъ слѣдуетъ поступать при всякихъ оптическихъ опытахъ.

Пусть на главной оптической оси чечевицы L помѣщается весьма малое пламя, которое для простоты назовемъ свѣтящейся точкой P (*фиг.* 134). Лучи распространяются отъ свѣтящейся точки P во всѣ стороны; тѣ, которые падаютъ на чечевицу (они только и представлены на фигурѣ 134), образуютъ конусъ, которому вершиной служитъ точка P, а основаніемъ — чечевица L. Нетрудно замѣтить, что эти лучи, — которые мы видимъ благодаря *разсѣянію* (отраженію по всѣмъ направленіямъ) ихъ носящимися въ воздухѣ пылинками,—прошедши чрезъ чечевицу, всѣ встрѣчаются, собираются въ одной точкѣ P′, лежащей на главной оптической оси. Если теперь, замѣтивъ положеніе точекъ P и P′, перемѣстимъ свѣтящуюся точку въ P′, то лучи, пройдя чрезъ чечевицу, соберутся какъ разъ въ точкѣ P; поэтому, точки P и P′ называются *сопряженными фокусами.*

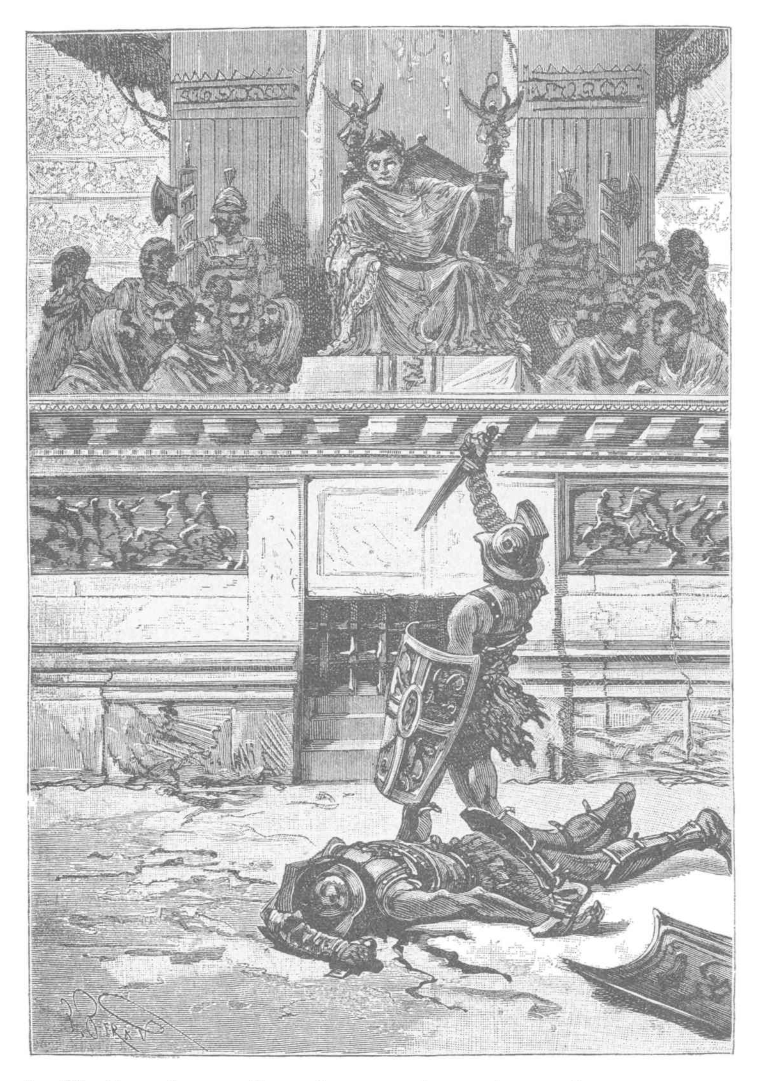
Плоскость, проведенная чрезъ точку P перпендикулярно къ главной оптической оси, и плоскость, такимъ же образомъ проведенная чрезъ точку P′, называются *сопряженными плоскостями.*

Какъ показываетъ опытъ, если свѣтящаяся точка P перемѣщается въ плоскости P*p*, то ея сопряженный фокусъ P′ (который также называютъ изображеніемъ точки P), перемѣщается въ плоскости P′*p*, при томъ, однако-же, условіи, если свѣтящаяся точка незначительно удаляется отъ оси OO′.

Съ измѣненіемъ положенія свѣтящейся точки на оси, перемѣщается на послѣдней и изображеніе P′.

Но замѣчательное дѣло—при извѣстномъ положеніи F_1 свѣтящейся точки, изображенія ея P′ уже не существуетъ, такъ какъ лучи, вышедшіе изъ чечевицы, уже не собираются на оси, но идутъ параллельно послѣдней (*фиг.* 135).

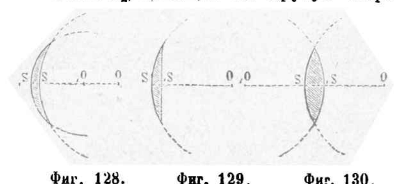
Въ этомъ случаѣ коническій пучекъ лучей F_1 L превращается чечевицей въ цилидрическій, параллельный главной оптической оси. Тутъ чечевица об-



Фиг. 127.—Будучи близорукъ, Неронъ обыкновенно слѣдилъ за боемъ гладіаторовъ съ вогнутымъ изумрудомъ въ глазу, соотвѣтствовавшимъ нашему лорнету. (Э. Ренанъ, *Антихристъ*).

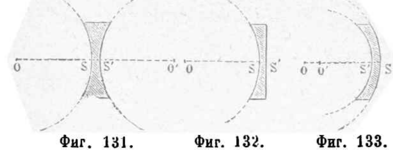
разуетъ то, что называется *коллиматоромъ;* назначеніе такого коллиматора дѣлать параллельными всѣ лучи, падующіе на него изъ точки F_1.

Точка F_2, лежащая по другую сторону чечевицы, обладаетъ тѣми же свойствами, что и точка F_1. Точки эти названы *главными фокусами;* плоскости, проведенныя чрезъ эти точки перпендикулярно къ главной оптической оси, называются *главными фокусными плоскостями,* а разстоянія этихъ точекъ отъ чечевицы — *главными фокусными разстояніями.*



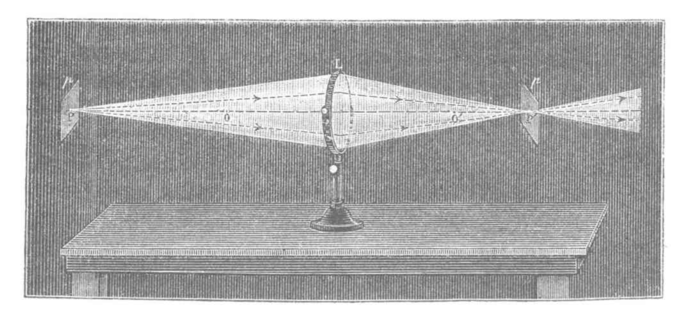
Фиг. 128. Фиг. 129. Фиг. 130.

Слѣдуетъ запомнить хорошенько, что всякій лучъ, *прошедшій чрезъ точку* F_1 *(или* F_2*) и встрѣчающій двояковыпуклую чечевицу, выходитъ изъ нея параллельно главной оптической оси.* Это первое свойство главнаго фокуса.



Фиг. 131. Фиг. 132. Фиг. 133.

Опредѣлимъ теперь положенія главныхъ фокусовъ F'_1 и F'_2 другой чечевицы L′ (*фиг.* 136), какъ мы это сдѣлали сейчасъ для чечевицы L; затѣмъ заставимъ совпасть главныя оптическія оси обѣихъ чечевицъ (это называется *центрированіемъ* чечевицъ). Если теперь свѣтящаяся точка P будетъ помѣщена въ главномъ фокусѣ F_1, то вышедшіе изъ чечевицы L параллельные лучи,



Фиг. 134.—Дѣйствіе двояковыпуклой чечевицы. Сопряженные фокусы и сопряженныя плоскости.

пройдя чрезъ вторую чечевицу L′, соберутся въ главномъ фокусѣ ея F'_2. Изъ этого вытекаетъ, что *всякій лучъ, падающій на двояковыпуклую чечевицу параллельно главной оптической оси, по выходѣ изъ чечевицы проходитъ чрезъ тотъ главный фокусъ, который находится на сторонѣ, противоположной той, откуда выходитъ свѣтъ.*

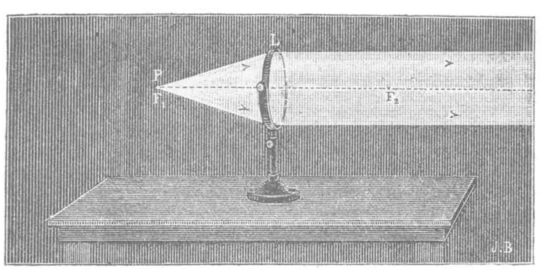
Въ этомъ состоитъ второе свойство главнаго фокуса.

Маякъ *) есть не что иное, какъ спеціальнаго устройства коллиматоръ,

*) Маячные огни раздѣляются въ настоящее время на семь главныхъ родовъ: *постоянные,*— чаще всего бываютъ бѣлые, иногда—красные или зеленые; *огни съ затменіями,* слѣдующими одно за другимъ черезъ промежутки отъ десяти до шестидесяти секундъ; *вспыхивающіе*—чрезъ промежутки отъ двухъ до четырехъ минутъ; *мерцающіе,* съ затменіями, слѣдующими другъ за другомъ черезъ промежутки меньшіе пяти секундъ; *огни* поочередно *постоянные* и *мерцающіе,* — за нѣсколькими весьма частыми вспыхиваніями слѣдуетъ полное затменіе; *мигающіе,* — съ короткими и частыми затменіями; наконецъ *цвѣтные,* —причемъ у однихъ чередуются цвѣта красный съ бѣлымъ, въ другихъ—за двумя бѣлыми вспыхиваніями слѣдуетъ одно красное. Во Франціи въ настоящее время насчитывается 425 маяковъ, изъ которыхъ 45 первоклассныхъ. Къ послѣднимъ принадлежитъ напримѣръ, Белль-Ильскій, посылающій свѣтъ на разстояніе $18^1/_2$ верстъ.

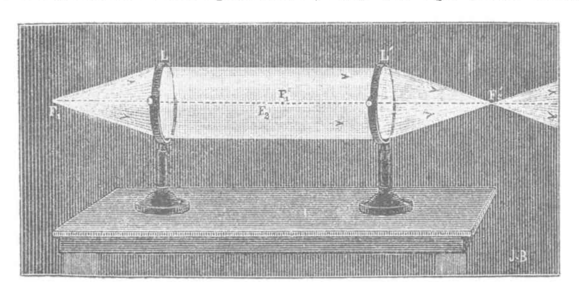
назначеніе котораго—посылать яркій снопъ параллельныхъ лучей по желаемому горизонтальному направленію.

Маякъ, помѣщающійся на Эйфелевой башнѣ, устроенъ такъ же, какъ и маяки, освѣщающіе наши берега, но дѣйствіе его сильнѣе. Источникомъ свѣта тутъ служитъ помѣщенная въ главномъ фокусѣ собирательной системы Вольтова дуга, которая производится электрическими машинами, установленными въ южномъ устоѣ башни.



Фиг. 135.—Чечевица, образующая коллиматоръ. Обращеніе коническаго пучка лучей въ цилиндрическій.
(Первое свойство главнаго фокуса).

Названный маякъ состоитъ изъ двухъ стеклянныхъ барабановъ — внутренняго неподвижнаго A и наружнаго B, могущаго вращаться около верти-



Фиг. 136.—Обращеніе цилиндрическаго пучка лучей LL' въ коническій—L' F'₂.
(Второе свойство главнаго фокуса).

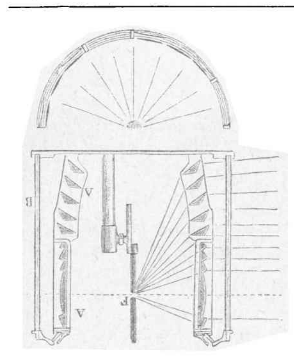
кальной оси въ теченіе желаемаго времени. Вращеніе производится посредствомъ двигателя Грамма. Внутренній барабанъ образуется пятью стеклянными плосковыпуклыми кольцами, которыя обращены плоской стороною къ источнику свѣта. Кольца эти, какъ видно на разрѣзѣ (*фиг.* 137), расположены ступеньками *). Все разсчитано на то, чтобы лучи выходили изъ колецъ въ видѣ цилиндрическаго снопа.

Такъ какъ такой маякъ посылаетъ свѣтъ во всѣ стороны, то онъ называется маякомъ *со сплошнымъ огнемъ*.

Подвижной барабанъ, ось котораго совпадаетъ съ осью перваго, заключаетъ 4 одинаковыя системы изъ 3-хъ чечевицъ и 3-хъ цвѣтныхъ стеколъ, окрашивающихъ проходящіе лучи въ голубой, бѣлый или красный цвѣтъ, такъ что лучи, идущіе въ данномъ направленіи, будутъ послѣдовательно голубыми, бѣлыми и красными.

---

*) Идея ступеньчатыхъ чечевицъ принадлежитъ Бюффону, а Френелемъ она была примѣнена къ устройству маяковъ.



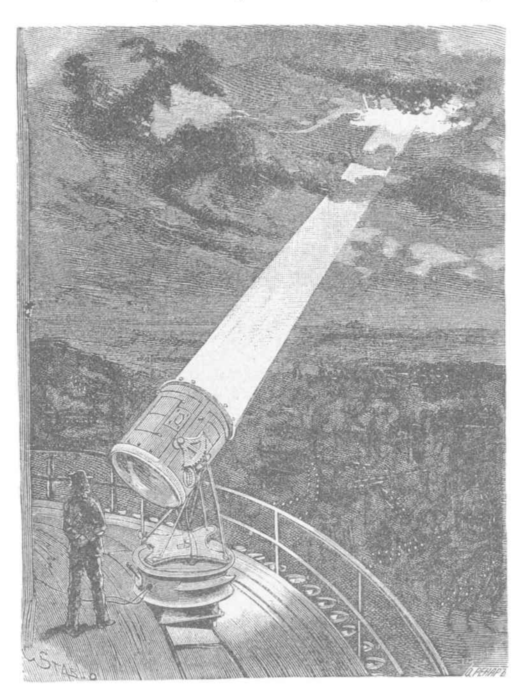
Фиг. 137.—Ступеньчатыя чечевицы въ маякахъ.

Подъ ступеньчатыми кольцами помѣщаются пять небольшихъ стеклянныхъ призмъ, дѣйствующихъ, какъ зеркала *) и направляющихъ свѣтъ, падающій на нихъ изъ F, подъ небольшимъ угломъ къ горизонту.

Призма, расположенная ниже всѣхъ, освѣщаетъ въ предѣлахъ между 700 и 850 саж., слѣдующая—700—950 саж., третья—800—1100 саж., четвертая—1050—2500 саж., пятая—2000—8050 саж.

Въ разстояніи около $4^1/_2$ верстъ уже начинается дѣйствіе ступеньчатаго барабана; онъ виденъ на очень большомъ разстояніи.

Если наблюдатель помѣщается на уровнѣ моря, то онъ можетъ видѣть маякъ, лишь находясь отъ него въ разстояніи менѣе $62^1/_2$ вер., потому что лучи, выходящіе изъ вершины Эйфелевой башни, на разстояніи $62^1/_2$ верстъ отъ послѣдней дѣлаются уже касательными къ поверхности моря.



Фиг. 138.—Освѣщеніе облака помощью установленнаго на Эйфелевой башнѣ прожектора Манжена.

Маякъ, помѣщающійся на Эйфелевой башнѣ, видѣли съ шартрскаго кафедральнаго собора (на разстояніи 70 верстъ), съ орлеанскаго кафедральнаго собора (107 верстъ) и даже, какъ говорятъ, съ собора въ Баръ-на-Обѣ (178 верстъ). Маякъ казался настоящей звѣздой.

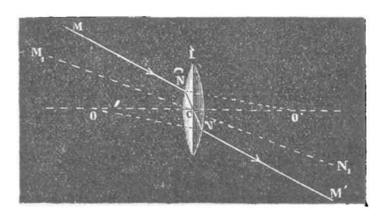
Подъ поломъ маяка, или прожектора изъ чечевицъ, находятся два зеркальныхъ прожектора полковника Манжена (*фиг.* 138). Они дѣйствуютъ еще сильнѣе маяка. Путемъ отраженія бросаемаго

*) Мы уже видѣли, (стр. 115) что лучъ, вступающій въ среду, болѣе преломляющую, нежели воздухъ, какъ, наприм., въ воду, стекло и т. п., можетъ выйти изъ нея лишь въ томъ случаѣ, если онъ съ перпендикуляромъ къ раздѣляющей поверхности образуетъ не слишкомъ большой уголъ; въ противномъ же случаѣ, лучъ отражается отъ раздѣляющей поверхности, какъ отъ зеркала.

ими снопа лучей отъ облаковъ можно передавать сигналы на разстояніе 280 верстъ. Толщина зеркалъ у этихъ прожекторовъ—3 фута; изготовлены они въ Сенъ-Гобэнскихъ мастерскихъ. Источникомъ свѣта служитъ сильная Вольтова дуга; для того чтобы вѣтеръ не колебалъ дуги, труба, въ концѣ которой установлено зеркало и гдѣ помѣщается дуга, закрыта стеклами.

Прожекторы Манжена употребляются въ военномъ дѣлѣ; они позволяютъ освѣтить горизонтъ въ томъ мѣстѣ, которое желательно осмотрѣть при помощи зрительной трубы.

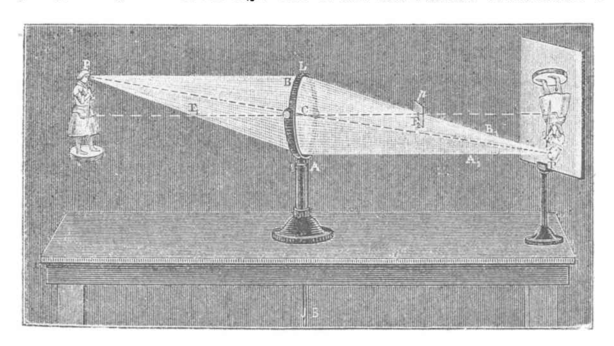
Будучи помѣщены въ передней части судна, они освѣщаютъ ему путь.



Фиг. 139.—Оптическій центръ двояковыпуклой чечевицы.

Во время Тонкинской войны они употреблялись французскими передовыми отрядами; благодаря имъ, Союзный и Французскій острова могли поддерживать между собой правильныя сношенія.

Вернемся къ нашей чечевицѣ. Заставляя тонкій пучекъ лучей MN падать на чечевицу L (*фиг.* 139) подъ извѣстнымъ угломъ, убѣждаемся въ томъ, что въ ней существуетъ такая точка C, что всякій, лучъ NN', проходящій чрезъ неё, выходитъ изъ чечевицы по направленію NM', параллельному MN, т.-е. направленію луча до входа въ чечевицу. Эта точка называется *оптическимъ центромъ*



Фиг. 140.—Построеніе изображенія точки въ собирательной чечевицѣ.

чечевицы. Предполагая, что чечевица имѣетъ незначительную толщину (что справедливо для большинства случаевъ), можно безъ ощутительной погрѣшности считать направленіе луча не ломаной линіей MNCN'M', а прямой—M_1CN_1.

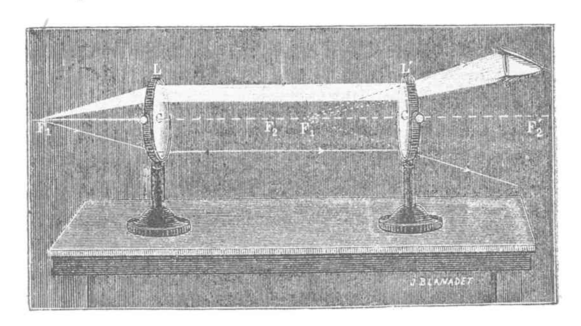
Основываясь на свойствахъ главныхъ фокусовъ и оптическаго центра, легко построить изображеніе любой точки P, даваемое чечевицей. Гдѣ, наприм., будетъ находиться изображеніе P', точки P, даваемое чечевицей L, главные фокусы которой находятся въ F_1 и F_2 (*фиг.* 140). Въ какой точкѣ соберутся, пройдя чрезъ чечевицу Z, всѣ лучи, выходящіе изъ P?

Вотъ легкій способъ отыскать ее, *основываясь единственно на свойствахъ главныхъ фокусовъ*. Между лучами, распространяющимися отъ точки P по всѣмъ направленіямъ, есть, во-первыхъ, одинъ—PA, проходящій, до вступленія въ чечевицу,

чрезъ главный фокусъ F_1 и поэто́му выходящій изъ нея параллельно главной оптической оси по направленію AA_1; слѣдовательно лучи отъ P необходимо должны собраться гдѣ-нибудь на этой линіи AA_1 Во-вторыхъ, существуетъ другой лучъ PB, падающій параллельно главной оптической оси, а потому проходящій на пути BB_1 изъ чечевицы чрезъ главный фокусъ F_2; такимъ образомъ, лучи отъ точки P должны также собраться гдѣ-нибудь на линіи BB_1. Очевидно, что искомая точка, которая должна находиться одновременно на двухъ линіяхъ— AA_1 и BB_1, должна быть точкой пересѣченія ихъ P′. Итакъ, изображеніе точки P находится въ P′. Чѣмъ дальше отъ чечевицы помѣщается точка P, тѣмъ ближе къ главной фокусной плоскости $F_2 p$ получается ея изображеніе. Такъ какъ предметъ можно представлять себѣ состоящимъ изъ безчисленнаго множества точекъ, то, повторяя указанное построеніе для достаточнаго числа точекъ, получимъ, въ общихъ чертахъ, рисунокъ изображенія предмета.

Если желаютъ воспользоваться оптическимъ центромъ, то разсматриваютъ лучъ PC, который, въ случаѣ тонкой чечевицы, проходитъ чрезъ послѣднюю безъ преломленія. Лучъ этотъ, также проходящій чрезъ точку P′, называется *побочною осью* для точки P.

Всѣ чечевицы, толщина которыхъ къ краямъ уменьшается, дѣйствуютъ, какъ двояковыпуклыя—имѣютъ свойство дѣйствительно собирать въ одну точку



Фиг. 141.—Главные мнимые фокусы разсѣевающей чечевицы.

на своей главной оптической оси всѣ параллельные послѣдней лучи. Это—*особирательныя*, или *собирающія* чечевицы. Ихъ главные фокусы дѣйствительны, лучи собираются въ нихъ на самомъ дѣлѣ.

По выходѣ же изъ чечевицъ, у которыхъ толщина къ краямъ увеличивается, лучи, параллельные главной оси, отклоняются отъ послѣдней, расходятся; на оси пересѣкаются уже не сами прошедшіе чрезъ чечевицу лучи, а ихъ продолженія по другую сторону чечевицы. Въ этомъ легко убѣдиться, помѣстивъ такую чечевицу L′ на пути пучка параллельныхъ лучей, вышедшихъ изъ чечевицы L, въ главномъ фокусѣ которой F_1 находится источникъ свѣта, такимъ образомъ, чтобы главныя оси обѣихъ чечевицъ совпали (*фиг.* 141). Глазъ, помѣщенный предъ L′, въ силу присущей ему способности продолжать входящіе въ него лучи, увидитъ блестящую точку въ F_1'. Но въ сущности, это обманъ зрѣнія — свѣтящейся точки F_1' на самомъ дѣлѣ нѣтъ, она мнимая, и принять ее на бѣлый экранъ, помѣщенный въ F_1'—нельзя. F_1' есть одинъ главный мнимый фокусъ чечевицы L′; очевидно, что у послѣдней долженъ быть и другой—въ F_2'. Чечевицы, подобныя L′, называются *разсѣевательными*, или *разсѣевающими*: у нихъ—два главныхъ мнимыхъ фокуса. Существованіе оптическаго центра и у такихъ разсѣевательныхъ чечевицъ точно такъ же легко доказать,

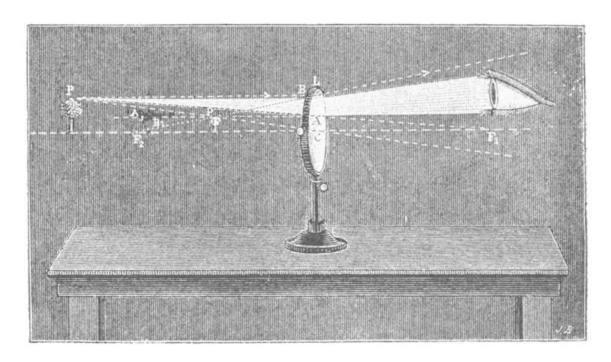
какъ и существованіе таковаго у собирательныхъ. Для построенія изображеній и здѣсь служатъ намъ свойства главныхъ фокусовъ и оптическаго центра. На фигурѣ 142 показано построеніе изображенія P′ точки P въ разсѣевательной чечевицѣ.

Разсмотримъ теперь нѣкоторыя приложенія собирательныхъ чечевицъ. Изъ фигуры 140 видно, что, когда предметъ помѣщается позади собирательной чечевицы за главнымъ фокусомъ, въ P, то изображеніе его получается впереди чечевицы, въ плоскости P′, сопряженной съ плоскостью P, причемъ оно увеличенное и обратное.

Такъ какъ это изображеніе *дѣйствительное*, то его можно принять на экранъ, помѣщенный въ P′, причемъ для полученія его въ прямомъ видѣ слѣдуетъ только самый предметъ опрокинуть.

На этомъ именно основано устройство такихъ снарядовъ, какъ *волшебный фонарь*, *фантаскопъ*, *мегаскопъ*, *фотоэлектрическій микроскопъ*, *солнечный микроскопъ* и т. д.

Скажемъ нѣсколько словъ о волшебномъ фонарѣ, который, повидимому, былъ извѣстенъ уже въ древности; такой фонарь, какъ говорятъ, былъ найденъ въ развалинахъ Геркуланума.



Фиг. 142.—Построеніе изображенія предмета въ разсѣевающей чечевицѣ.

Вновь былъ устроенъ этотъ снарядъ іезуитомъ Кирхеромъ, около 1645 г. Въ своихъ *Чудесахъ свѣта и тѣни* Кирхеръ объявляетъ, что придерживался при этомъ способа Рудольфа II, — того германскаго императора, которому Кеплеръ посвятилъ свои таблицы движенія планетъ, подъ названіемъ *Рудольфовыхъ таблицъ*.

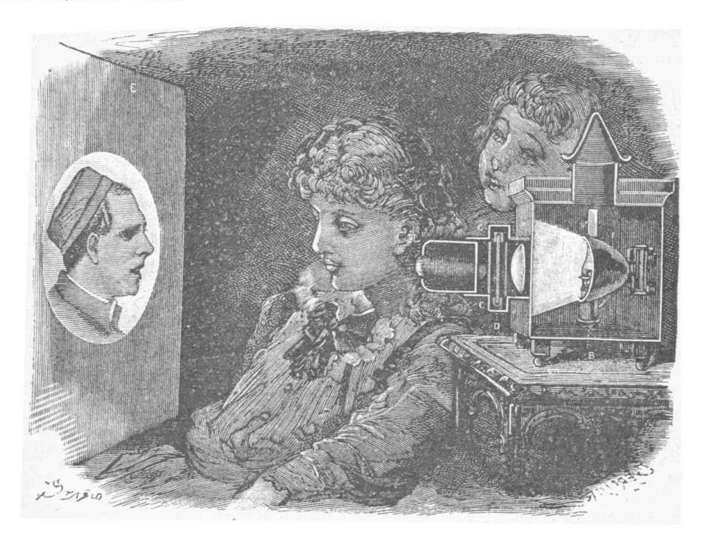
Волшебный фонарь (*фиг.* 143) состоитъ изъ чечевицы L, пролагающей на экранъ E изображеніе рисунка D, сдѣланнаго прозрачными красками на стеклѣ, или же изображеніе фотографическаго снимка на стеклянной пластинкѣ. Послѣдняя можетъ двигаться въ пазахъ CC. Освѣщеніе рисунка или снимка производится системой изъ лампы B, рефлектора R и чечевицы L′.

Слегка измѣнивъ волшебный фонарь, получимъ *фантаскопъ* *); это не что иное, какъ тотъ же волшебный фонарь, но двигающійся на колесцахъ. Экранъ (обыкновенно коленкоровый), помѣщается между фонаремъ и зрителями. Одновременно съ приближеніемъ или удаленіемъ фонаря отъ экрана, чечевица, благодаря надлежащему механизму, перемѣщается такимъ образомъ, что экранъ съ предметомъ неизмѣнно остаются въ сопряженныхъ плоскостяхъ; далѣе, количе-

*) *Фантаскопъ*, отъ греч. словъ *φάντασμα* (фантасма)—призракъ и *σκοπέω* (скопео)—вижу.

ство пропускаемаго свѣта регулируется діафрагмой, состоящей изъ двухъ пластинокъ, скрѣпленныхъ такъ, какъ вѣтви у ножницъ. Все устроено такимъ образомъ, что яркость изображенія уменьшается одновременно съ его величиной, какъ это происходитъ въ случаѣ удаленія предмета. Стеклянная пластинка, на которой сдѣланъ рисунокъ, прозрачна только въ томъ мѣстѣ, гдѣ находится послѣдній, остальныя же мѣста не пропускаютъ свѣта. Зрителямъ, находящимся въ темномъ помѣщеніи и вслѣдствіе этого не имѣющимъ возможности судить о разстояніи, кажется, что изображеніе то приближается къ нимъ, то удаляется.

На употребленіи названнаго снаряда основана *фантасмагорія* *), введенная во Францію фокусникомъ Робертсономъ въ 1798 г. и крайне поражавшая публику, которая видѣла тутъ не интересныя оптическія явленія, а дѣйствіе сверхъестественныхъ силъ.



Фиг. 143.—Приложеніе собирательныхъ чечевицъ: волшебный фонарь.

Въ своихъ *Запискахъ* Робертсонъ разсказываетъ, что къ нему безпрестанно приходили юноши, просившіе о вызовѣ тѣней своихъ умершихъ невѣстъ, жены, желавшіе видѣть своихъ покойныхъ мужей, сироты—своихъ отцовъ и матерей. „Выслушивая ихъ скорбную повѣсть,— говоритъ онъ,— я старался—и въ большинствѣ случаевъ успѣвалъ—разсѣять ихъ наивное заблужденіе относительно моей волшебной силы. Разъ, однако же, всѣ мои усилія сдѣлать это разбились объ упрямство отчаянія одной женщины, мужа которой я зналъ,—онъ былъ регентомъ въ версальской капеллѣ. Неутѣшная жена возъимѣла надежду, что я могу вызвать передъ нею его тѣнь, и положительно помѣшалась на этой надеждѣ. Въ отвѣтъ на мои увѣщанія, она повторяла въ одинъ голосъ: „Неправда, неправда! Вы отказываетесь оттого, что вамъ пріятно мучить меня“. Я видѣлъ, что бѣдняжка готова потерять разсудокъ. Тогда я испросилъ у полиціи разрѣшенія облегчить горе этой женщины путемъ утвержденія ея въ этомъ заблужденіи... Разрушить власть надъ ней этого заблужденія только и

*) Отъ греч. словъ: φάντασμα и ἀγορᾶ (агора)—собраніе: собраніе призраковъ.

можно было, обративъ его въ кажущуюся дѣйствительность... Я принялся объяснять ей, что еслибы у меня и оказалась сила исполнить ея желаніе, то, всетаки, она была бы дѣйствительна только одинъ разъ. Я на память набросалъ черты ея мужа, вполнѣ увѣренный въ томъ, что больное воображеніе додѣлаетъ портретъ... Дѣйствительно, едва показалась тѣнь, женщина воскликнула: „О, мой мужъ! Мой милый мужъ, я вижу тебя!... Это ты, ты!... Останься! Ради Бога, останься со мной, не уходи!...“ Я подвелъ тѣнь къ самому лицу ея. Она хотѣла встать, обнять ее, но въ этотъ моментъ тѣнь исчезла. Нѣкоторое время женщина была нѣма отъ ужаса, потомъ разрыдалась. Пришедши въ себя, она стала горячо благодарить меня, высказывая увѣренность, что мужъ слышалъ ея слова, видѣлъ ее... Она говорила, что это будетъ для нея утѣшеніемъ въ теченіе всей жизни“.

Знаменитый художникъ Бенвенуто Челлини описалъ въ своихъ *Запискахъ* (кн. III, гл. LXIV—„Священникъ-некромантъ“) странную фантасмагорическую сцену, въ которой онъ самъ былъ однимъ изъ главныхъ участниковъ.

„Я сошелся,—говоритъ онъ,—съ однимъ сицилійскимъ священникомъ, очень умнымъ человѣкомъ и знатокомъ древнихъ греческихъ и латинскихъ авторовъ. Однажды, когда зашелъ разговоръ о некромантіи *), я сказалъ, что очень интересуюсь этимъ предметомъ, что меня никогда не оставляло сильное желаніе проникнуть въ тайны этого искусства. На замѣчаніе священника, что тотъ, кто желаетъ изучить его, долженъ обладать рѣшительнымъ и смѣлымъ характеромъ, я отвѣчалъ, что у меня хватитъ и рѣшимости, и смѣлости, если представится хотя нѣкоторая возможность поучиться. „Если такъ,—сказалъ священникъ,—я доставлю вамъ такую возможность.“ Тогда же составили планъ изученія некромантіи. Однажды вечеромъ священникъ собрался удовлетворить мою любознательность и пожелалъ, чтобъ я взялъ съ собою одного или двухъ товарищей.

„Я взялъ съ собою двухъ моихъ близкихъ друзей—Ромоли и Гадди, и своего двѣнадцатилѣтняго ученика. Когда мы пришли въ Колизей, священникъ необыкновенно искусно и торжественно очертилъ около насъ кругъ. Затѣмъ поручивъ моимъ друзьямъ жечь благовонныя вещества, онъ передалъ мнѣ талисманъ, приказавъ обращать его туда, куда онъ будетъ показывать. Мой юный ученикъ былъ помѣщенъ подъ талисманомъ. Послѣ этого магикъ приступилъ къ своимъ страшнымъ заклинаніямъ: назвавъ по именамъ множество нечистыхъ духовъ—начальниковъ различныхъ дьявольскихъ отрядовъ, онъ сталъ вопрошать ихъ именемъ Предвѣчнаго на древне-еврейскомъ, латинскомъ и греческомъ языкахъ. Вскорѣ Колизей наполнился демонами. Священникъ сказалъ мнѣ: „Бенвенуто, теперь попроси у нихъ чего хочешь“. Я отвѣчалъ, что желалъ бы, чтобъ они вернули мнѣ мою Анджелику. Некромантъ, обратившись ко мнѣ, сказалъ: „Слыхалъ-ли ты, какъ они обѣщали тебѣ, что чрезъ мѣсяцъ ты будешь съ нею?“

„Затѣмъ онъ велѣлъ мнѣ не отходить отъ него ни на шагъ, потому что демоновъ было теперь на цѣлую тысячу болѣе, чѣмъ сколько онъ призывалъ, и они были необыкновенно страшные. Далѣе, онъ говорилъ, что съ ними нужно обращаться мягко, за то, что они откликнулись на мою просьбу, и отпустить ихъ спокойно. Дитя подъ талисманомъ страшно пугалось, говоря что видитъ милліонъ разбойниковъ, желающихъ убить насъ, и четырехъ ужасныхъ гигантовъ, силящихся ворваться въ нашъ кругъ. Самъ магикъ, охваченный ужасомъ, старался кроткими и ласковыми увѣщаніями удалить демоновъ, а другъ мой Ромоли у благовоній дрожалъ, какъ осиновый листъ. Я всѣми силами старался ободрить своихъ товарищей, хотя въ дѣйствительности ужасался больше всѣхъ: видя страшную блѣдность магика, я въ глубинѣ души считалъ себя погибшимъ человѣкомъ. Ребенокъ положилъ голову между колѣнями и сталъ кричать: „Я умру въ этомъ положеніи! Мы всѣ пропадемъ!...“ Я сказалъ ему: „Не бойся, это низшія существа. Все, что ты видишь, исчезнетъ, какъ дымъ, пропадетъ, какъ тѣнь...“ Затѣмъ я велѣлъ ему поднять голову и ободриться. Но чуть поднявъ голову, онъ закричалъ: „Весь амфитеатръ горитъ! Огонь идетъ прямо на насъ!“ Затѣмъ онъ закрылъ лицо руками и снова вскричалъ: „Мы непремѣнно погибнемъ!... Не хочу видѣть ихъ, не хочу!...“ Священникъ умолялъ меня не падать духомъ и велѣлъ жечь ладонъ. Я приказалъ Ромоли поскорѣе бросить ладонъ въ огонь. Затѣмъ, обратившись къ Гадди, замѣтилъ, что онъ стоитъ какъ окаменѣлый, какъ помѣшанный, ничего предъ собой не видя... „Гадди,—обратился я къ нему,—въ подобныхъ случаяхъ показывать страхъ—недостойно мужчины: надо стараться сохранить мужество.“ Послѣ этихъ словъ ребенокъ сталъ поднимать голову посмѣлѣе и немного успокоился, говоря что всѣ демоны обращаются въ стремительное бѣгство.

„Такъ мы оставались до тѣхъ поръ, пока не стали звонить къ заутренѣ. Дитя сказало намъ, что осталось уже всего нѣсколько демоновъ, а остальные далеко. Наконецъ, когда некромантъ совершилъ послѣднія церемоніи, снялъ бывшее на немъ для этого случая одѣяніе и собралъ большую груду книгъ, принесенныхъ имъ, мы всѣ вмѣстѣ вышли изъ круга, держась тѣсно одинъ около другого. Когда мы возвращались домой, дитя говорило, что двое изъ видѣнныхъ нами въ Колизеѣ демоновъ скачутъ и пляшутъ впереди насъ, по крышамъ домовъ. Священникъ заявлялъ, что никогда еще не случалось ему видѣть такихъ удивительныхъ вещей.“

*) *Некромантія* (греч. слово) означ. вызываніе умершихъ.



Фиг. 144.—Изобрѣтеніе телескопа (по преданію) дѣтьми одного продавца очковъ въ Миддельбургѣ въ 1590 г.

Одно непредвидѣнное обстоятельство, именно ссора съ флорентинскимъ купцомъ Бенедетто, принудило художника бѣжать изъ Рима. Онъ прибылъ въ Неаполь и тамъ встрѣтился со своей Анджеликой. „Упоенный восторгомъ,—говоритъ онъ (гл. LXVIII, „Найденная Анджелика“), — я вспомнилъ, что со дня обѣщанія, даннаго мнѣ демонами, прошелъ ровно мѣсяцъ. Пусть тѣ, которые обращались къ нимъ, судятъ о томъ, отъ какихъ напастей спасло меня провидѣніе!“

Давидъ Брустеръ, въ своихъ *Письмахъ о натуральной магіи*, утверждаетъ, что Бенвенуто Челлини, вмѣстѣ съ своими товарищами, былъ просто-на-просто жертвой оптическаго обмана, устроеннаго посредствомъ волшебнаго фонаря или фантаскопа, или же помощью вогнутыхъ зеркалъ. Намъ, разумѣется, остается только присоединиться къ мнѣнію Брустера, но уже кстати замѣтить, что къ современнымъ престидижитаторамъ секретъ подобныхъ поразительныхъ фокусовъ, повидимому, не перешелъ...

Существуетъ естественная оптическая чечевица,—это *хрусталикъ*—одна изъ важнѣйшихъ составныхъ частей глаза: изображенія внѣшнихъ предметовъ даются именно хрусталикомъ. Въ нормальномъ глазу положеніе его всегда таково, что изображеніе проектируется на днѣ глаза, на своего рода экранѣ, называемомъ *сѣтчатой оболочкой* (также *сѣтчаткой*, *рéтиной* *). Эта оболочка образуется конечнымъ развѣтвленіемъ того изъ головныхъ нервовъ, который служитъ для передачи мозгу свѣтовыхъ впечатлѣній, — именно *зрительнаго нерва*. Нетрудно убѣдиться, что на днѣ глаза дѣйствительно получаются изображенія внѣшнихъ предметовъ. Для этого нужно только, вынувъ глазъ у только-что убитаго животнаго и очистивши его отъ прикрѣпленныхъ къ нему мышцъ и окружающаго его жира, а также истончивъ одѣвающую большую его часть непрозрачную оболочку, или *склеротику*,—приставить его къ узкому отверстію, сдѣланному въ ставнѣ темной комнаты; понятно, что глазъ этотъ долженъ быть открытъ и обращенъ къ свѣту.

Въ этомъ опытѣ мы убѣждаемся также въ томъ, что предметы рисуются на сѣтчаткѣ въ обратномъ видѣ, что̀ и слѣдовало предвидѣть, имѣя въ виду вышеизложенные законы построенія изображеній.

Но если въ глазу получаются обратныя изображенія, то почему же, спрашивается, мы видимъ предметы въ прямомъ видѣ? Необходимо признаться, что это пока совершенно неизвѣстно. Одни допускаютъ, что причина этого лежитъ въ постепенно пріобрѣтаемой глазомъ привычкѣ относить изображеніе всякой точки къ настоящему мѣсту послѣдней. Другіе полагаютъ, что, такъ какъ *всѣ предметы* даютъ въ глазу обратныя изображенія, то у насъ нѣтъ нормы для сравненія. Наконецъ, третья гипотеза состоитъ въ томъ, что мозгъ отмѣчаетъ преломленное направленіе лучей, достигающихъ сѣтчатой оболочки, благодаря чему и возможно правильное представленіе о точкахъ первоначальнаго выхода лучей, иначе говоря,—о настоящемъ положеніи предмета.

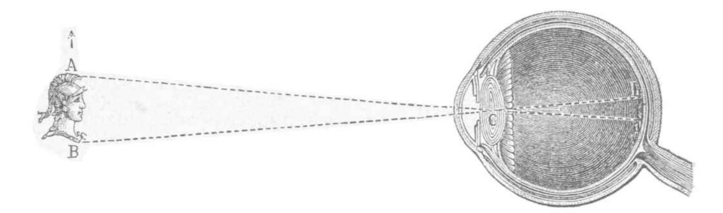
Впечатлѣніе, произведенное изображеніемъ на сѣтчатку, не исчезаетъ тотчасъ, но продолжается еще нѣкоторую долю секунды по удаленіи предмета. Вотъ почему, быстро вращая раскаленный уголь или горящую спичку, мы видимъ непрерывную огненную окружность. Если привести во вращательное движеніе кругъ, различныя части котораго окрашены въ разные цвѣта, то послѣдніе сольются и дадутъ впечатлѣніе того цвѣта, какой получается отъ смѣшенія этихъ цвѣтовъ. На этомъ именно свойствѣ глаза — сохранять нѣкоторое время полученное впечатлѣніе—основано устройство игрушки, извѣстной подъ названіемъ *стробоскопа*, или *фенакистикопа*.

---

*) Если хрусталикъ слишкомъ сильно преломляетъ лучи,—т.-е. если его главное фокусное разстояніе меньше, чѣмъ въ нормальномъ глазу, что бываетъ въ случаѣ большей выпуклости его,—то изображеніе получается *впереди сѣтчатки*: такъ бываетъ у *близорукихъ* людей. Этотъ недостатокъ можно исправить, помѣщая передъ глазомъ разсѣевающую, т.-е. *вогнутую* чечевицу, которая, уменьшая сходимость лучей, переноситъ изображеніе на сѣтчатку. Если, наоборотъ, хрусталикъ площе нормальнаго, вслѣдствіе чего не обладаетъ достаточными собирательными свойствами, то изображеніе получается *позади сѣтчатки*: такъ бываетъ у *дальнозоркихъ*. Въ этихъ случаяхъ зрѣніе исправляется помощью очковъ, состоящихъ изъ собирательныхъ, т.-е. *выпуклыхъ* стеколъ.

Скажемъ нѣсколько словъ о *случайныхъ, послѣдовательныхъ*, или *субъективныхъ изображеніяхъ*. Всякому, безъ сомнѣнія, приходилось замѣчать, что послѣ пристальнаго разсматриванія какого-либо ярко-освѣщеннаго предмета, окрашеннаго въ извѣстный цвѣтъ, получается ощущеніе другого цвѣта. Такъ, напр., если нѣсколько времени смотрѣть пристально на хорошо освѣщенный бѣлый рисунокъ, а потомъ перевести глаза на бѣлый картонъ или на равномѣрно освѣщенный бѣлый потолокъ, то увидимъ черное изображеніе рисунка. Зеленый предметъ при тѣхъ же условіяхъ дастъ красное изображеніе, желтый — фіолетовое. Предметъ является при этомъ въ неизмѣненной формѣ, но всегда бываетъ окрашенъ въ „дополнительный цвѣтъ", т.-е. въ тотъ, который, въ соединеніи съ цвѣтомъ рисунка, даетъ бѣлый цвѣтъ. (См. фигуру *1-го опыта*, въ концѣ книги).

Для объясненія явленія „случайныхъ изображеній" предложено множество теорій, но ни одну изъ нихъ нельзя признать вполнѣ удовлетворительною. Мы упомянемъ только о теоріяхъ Дарвина и Плато́. По Дарвину, часть сѣтчатки, утомленная однимъ цвѣтомъ, становится нечувствительною къ лучамъ этого цвѣта, и потому способна получать впечатлѣнія только лучей его дополнительнаго цвѣта. По Плато́, сѣтчатка, такъ сказать, противопоставляетъ производимому



Фиг. 145.—Зрѣніе: изображеніе внѣшняго предмета на сѣтчаткѣ.—C—хрусталикъ.

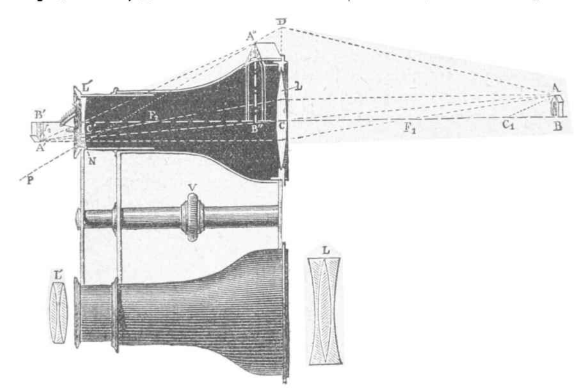
на нее впечатлѣнію—впечатлѣніе противоположнаго характера, которое продолжается еще нѣкоторое время послѣ исчезновенія первичнаго впечатлѣнія. Такимъ образомъ, глазъ видитъ черный цвѣтъ после бѣлаго, бѣлый — послѣ чернаго, зеленый—послѣ краснаго и т. д., что̀ ведетъ къ возстановленію его физіологическаго равновѣсія, нарушеннаго первичнымъ впечатлѣніемъ.

Въ своемъ *Учебникѣ рисовальнаго искусства* Шарль Бланъ разсказываетъ, что великій художникъ Эженъ Делакруа, работая однажды надъ разрисовкой желтой драпировки, пришелъ въ отчаяніе оттого, что не могъ придать ей желаемаго блеска. „Боже мой!—говорилъ онъ себѣ: какъ же поступали Рубенсъ и Веронезъ, умѣвшіе подбирать такіе прелестные желтые цвѣта и придавать имъ такую яркость?"—Онъ рѣшилъ поѣхать въ Лувръ и послалъ за экипажемъ. Это было въ 1830 г. Въ то время въ Парижѣ было множество кабріолетовъ, окрашенныхъ въ канареечно-желтый цвѣтъ; ему привели такой кабріолетъ. Собираясь уже помѣститься въ экипажъ, Дела́круа вдругъ остановился: къ величайшему своему удивленію, онъ замѣтилъ, что желтая окраска экипажа бросаетъ на тѣнь фіолетовый оттѣнокъ. Отпустивъ извозчика и вернувшись въ свою мастерскую, глубоко взволнованный худо̀жникъ тотчасъ же примѣнилъ къ своей работѣ только-что сдѣланное имъ открытіе, а именно, что тѣнь отбрасываемая предметомъ данной окраски всегда слегка окрашивается въ дополнительный цвѣтъ, — явленіе, особенно хорошо замѣтное въ тѣхъ случаяхъ, когда солнечный свѣтъ не отличается особенной яркостью и фонъ, воспринимающій тѣнь, позволяетъ видѣть дополнительный цвѣтъ.

Теперь разберемъ, отчего предметы кажутся намъ тѣмъ меньше, чѣмъ болѣе они удалены отъ насъ.

Голова АВ даетъ на сѣтчаткѣ изображеніе $a\,b$ (*фиг.* 145). Если АВ будетъ все болѣе и болѣе удаляться, то уголъ АСВ будетъ уменьшаться вмѣстѣ съ изображеніемъ $a\,b$. Оттого-то удаленные предметы кажутся намъ гораздо меньше находящихся вблизи насъ. Уголъ АСВ, подъ которымъ глазъ видитъ предметъ АВ, называется *угломъ зрѣнія*. Отъ величины этого угла зависитъ величина изображенія на сѣтчаткѣ, а слѣдовательно, *подробность зрѣнія*. Это основной фактъ. Въ предметахъ, видимыхъ подъ одинаковыми углами и равно освѣщенныхъ, мы различаемъ одинаковое количество подробностей, мелочей, — независимо отъ величины предметовъ; только бо́льшій предметъ виденъ при этомъ на бо́льшемъ разстояніи.

Построить телескопъ—значитъ именно сдѣлать такое сочетаніе чечевицъ и зеркалъ, которое, будучи помѣщено между глазомъ и разсматриваемымъ удаленнымъ предметомъ, дало бы намъ возможность видѣть этотъ предметъ такъ



Фиг. 146.—Ходъ лучей въ Галилеевой трубѣ.—Бинокль. Ахроматическіе объективъ L и окуляръ L′.

же подробно, какъ еслибы онъ приблизился къ намъ; другими словами, дѣйствіе подобной системы должно заключаться въ томъ, чтобы глазъ видѣлъ въ сущности, уже не самый предметъ, а его изображеніе, но подъ большимъ угломъ зрѣнія.

Существуетъ легендарный разсказъ, по которому телескопъ изобрѣтенъ дѣтьми одного продавца очковъ изъ Миддельбурга, главнаго города Зеландіи (въ Нидерландахъ). Случайно разсматривая флюгеръ на сосѣдней колокольнѣ чрезъ два стекла, сложенные вмѣстѣ такимъ образомъ, что къ флюгеру было обращено собирательное, а къ глазу—разсѣевающее стекло, они увидѣли флюгеръ вблизи отъ себя и въ увеличенномъ видѣ (*фиг.* 144). Они разсказали объ этомъ отцу, которому, для устройства перваго телескопа, оставалось лишь надлежащимъ образомъ вдѣлать такую пару чечевицъ въ трубку. Большинство авторовъ называютъ этого продавца очковъ Гансомъ Липперсгеемъ. Мы же, пользуясь указаніями одного французскаго ученаго XVII столѣтія, теперь совершенно забытаго, исправимъ эту легенду и возстановимъ права настоящаго изобрѣтателя телескопа.

Пьеръ Борель, лейбъ-медикъ и совѣтникъ Людовика XIV, членъ академіи наукъ, оставилъ, въ числѣ прочихъ трудовъ, весьма любопытное сочиненіе, озаглавленное: *Объ истинномъ изобрѣтателѣ телескопа*. Сочиненіе это, внушенное автору любовью къ истинѣ, написано въ 1655 г., т.-е. всего только черезъ шестьдесятъ лѣтъ послѣ изобрѣтенія телескопа. Благодаря своимъ обширнымъ свя-

зямъ, Пьеръ Борель, конечно, могъ найти объ интересовавшемъ его предметѣ наиболѣе точные документы. Въ виду этого мы должны обратиться къ нему, къ его книгѣ, посвященной „сенату и народу миддельбургскимъ".

Выразивъ предварительно удивленіе и сожалѣніе по поводу того, что настоящее имя изобрѣтателя, котораго всѣ страны считаютъ своимъ, въ сущности, еще никому неизвѣстно,—доказавъ далѣе, что изобрѣтеніе не принадлежитъ ни Галилею, ни голландцу Меціусу, ни соотечественнику послѣдняго, Корнелію Дребелю, — Борель говоритъ (гл. XII, „О настоящемъ имени изобрѣтателя"): „Изобрѣтателемъ телескопа былъ *Захарій Янсенъ*, весьма искусный оптикъ въ Миддельбургѣ (въ Зеландіи). Въ 1590 г. онъ (*не случайно*), приставилъ къ глазамъ два стекла для очковъ, именно вогнутую и выпуклую чечевицу; заключивъ затѣмъ эти чечевицы въ трубку, онъ изобрѣлъ такимъ образомъ телескопъ. Къ этимъ опытамъ его привело страстное желаніе открыть тайны оптики, съ которою онъ былъ превосходно знакомъ. Напрасно поэтому Декартъ, къ стыду науки, жалуется, что это столь практически важное и столь удивительное изобрѣтеніе сдѣлано случайно, а не явилось результатомъ методическихъ изслѣдованій. Совершенно напротивъ, слѣдуетъ считать вполнѣ доказаннымъ, что миддельбургскій мастеръ пришелъ къ изобрѣтенію телескопа путемъ многихъ изысканій. Устроенныя имъ сначала трубы, имѣвшія шестнадцать дюймовъ длины, онъ поднесъ князю Морицу Саксонскому и эрцгерцогу Альберту, о чемъ свидѣтельствуютъ приводимые ниже источники. За эти телескопы ему было выдано приличное вознагражденіе, но въ то же время его попросили не распространять своего изобрѣтенія, для того, чтобы названные князья одни могли пользоваться ими для военныхъ цѣлей. Движимый любовью къ отечеству, онъ свято хранилъ свою тайну. Вотъ почему изобрѣтатель телескопа такъ долго оставался неизвѣстенъ. Нѣсколько времени спустя Захарій Янсенъ изобрѣлъ и микроскопъ, какъ это явствуетъ изъ нижеслѣдующаго". Въ подтвержденіе своихъ словъ Пьеръ Борель приводитъ множество свидѣтельствъ, исходящихъ отъ авторитетныхъ лицъ. Изъ всѣхъ ихъ видно, что *изобрѣтеніе телескопа, въ 1590 г., а затѣмъ и микроскопа, дѣйствительно принадлежитъ Захарію Янсену*.

Въ книгѣ Пьера Бореля находимъ два гравированныхъ портрета. Подъ однимъ надпись: „**Захарій Янсенъ**, *первый изобрѣтатель*"; подъ другимъ подписано: „*Гансъ Липпергей*, второй изобрѣтатель". Этотъ „второй изобрѣтатель", котораго Борель называетъ „Липпергеемъ", а не „Липперсгеемъ", былъ фабрикантъ очковъ въ Миддельбургѣ, но родиной его былъ Везель (въ Пруссіи). Изъ *Архивовъ города Гаги* видно, что Липпергей обратился, 2-го октября 1606 г., съ прошеніемъ къ Нидерландскимъ Генеральнымъ Штатамъ о выдачѣ ему привиллегіи на снарядъ, „позволяющій видѣть вдаль". Штатами было отказано просившему въ выдачѣ привиллегіи, на томъ основаніи, „что нѣкоторымъ лицамъ уже знакомо подобное изобрѣтеніе, сдѣланное ранѣе". Такимъ образомъ мы можемъ считать вполнѣ установленнымъ тотъ фактъ, что настоящимъ изобрѣтателемъ телескопа былъ *Захарій Янсенъ*. Этотъ первый телескопъ, надолго сохранившій названіе *батавской*, или *голландской трубы*, въ настоящее время называется *Галилеевой трубой*. Дѣйствительно къ концу 1608 г. Галилею удалось угадать способъ устройства увеличительной голландской трубы, вѣсть объ изобрѣтеніи которой дошла до него. Помощью такой трубы онъ открылъ спутниковъ Юпитера, солнечныя пятна, горы на лунѣ, фазы Венеры и т. д. Открытія эти такъ быстро слѣдовали одно за другимъ, что Галилей, для оповѣщенія ихъ ученому міру, счелъ необходимымъ основать спеціальное періодичесcое изданіе—*Звѣздный Вѣстникъ*.

Фигура 146 показываетъ ходъ свѣтовыхъ лучей, выходящихъ изъ какой-либо точки предмета, и образованіе изображеній въ наипростѣйшей Галилеевой трубѣ. Для большей ясности мы изобразили на рисункѣ и предметъ AB, хотя въ дѣйствительности онъ весьма удаленъ отъ трубы. Собирательная чечевица L, обращенная къ предмету и первая принимающая посылаемые имъ лучи, называется здѣсь, какъ во всѣхъ прочихъ оптическихъ снарядахъ, *объективомъ*,

т.-е. предметной чечевицей. Разсѣевающая чечевица L′ обращенная къ глазу, называется ***окуляромъ***, т.-е. глазной чечевицей*).

Гдѣ образуется изображенiе точки A? Еслибъ у насъ была только одна чечевица L, то проведя, во-первыхъ, лучъ AC, который, пройдя чрезъ оптическiй центръ чечевицы выходитъ изъ нея безъ преломленiя, и, во-вторыхъ, лучъ AF_1, который, пройдя чрезъ главный фокусъ собирательной чечевицы, выходитъ изъ нея параллельно главной оси F_1F_2, — мы, увидѣли бы, что изображенiе точки A получается въ A′. Такимъ образомъ объективъ далъ бы дѣйствительное и обратное изображенiе предмета въ A′B′. Но такого изображенiя не образуется, если на пути лучей будетъ помѣщена разсѣевающая чечевица L′. Положимъ, что послѣдняя расположена такимъ образомъ, что ея главный фокусъ f_2 находится впереди того изображенiя A′B′, какое далъ бы одинъ объективъ. Куда же теперь перемѣстится названное изображенiе? Чтобы узнать это, разсмотримъ сперва лучъ AF_1, который падаетъ на чечевицу L′ параллельно ея главной оси f_1f_2. Лучъ этотъ, по выходѣ изъ чечевицы, отклоняется отъ оси по направленiю NP, но мы знаемъ, что его продолженiе Nf_1 должно пройти чрезъ главный фокусъ f_1. Слѣдовательно, изображенiе точки A должно перемѣститься въ какую-нибудь точку на линiи Nf_1, составляющей продолженiе луча NP. Далѣе, замѣтимъ, что, такъ какъ лучъ ADC′, проходящiй чрезъ оптическiй центръ C′ разсѣевающей чечевицы, выходитъ изъ нея безъ преломленiя, по направленiю C′A′, то изображенiе точки A должно, слѣдовательно, одновременно перемѣститься также въ какую-нибудь точку на продолженiи луча C′A′. Стало быть, изображенiе точки A должно находиться въ A″—на пересѣченiи продолженныхъ направленiй лучей NP и C′A′. Глазъ, помѣщенный у C′ и по присущей ему способности продолжающiй входящiе въ него лучи, увидитъ въ A″A″ изображенiе всего предмета AB. Но это изображенiе не дѣйствительное, а мнимое, потому что на пространствѣ A″B″ находятся пересѣченiя не самихъ лучей, а ихъ геометрическихъ продолженiй.

Если предположить, что круглое отверстiе въ радужной оболочкѣ глаза, или *зрачокъ* помѣщается весьма близко отъ точки C′, то, безъ чечевицъ, предметъ AB будетъ виденъ подъ угломъ AC′B; разсматривая же предметъ съ помощью чечевицъ, глазъ увидитъ его въ A″B″ подъ гораздо большимъ угломъ A″C′B″. Слѣдовательно, зрѣнiе въ послѣднемъ случаѣ будетъ гораздо болѣе подробнымъ. Чечевицы производятъ такое дѣйствiе, что глазъ какъ будто перемѣщается въ точку C_1, гораздо ближе къ предмету, вслѣдствiе чего послѣднiй виденъ уже подъ угломъ AC_1B, равнымъ углу A″C′B″.

Около 1611 г. тщательное изученiе оптическихъ чечевицъ привело *Кеплера* **) къ принципу построенiя *астрономической*, или *небесной трубы*, а также *земной*, мало разнящейся отъ первой. Но впервые устроены были эти снаряды германскимъ астрономомъ, iезуитомъ Шейнеромъ ***).

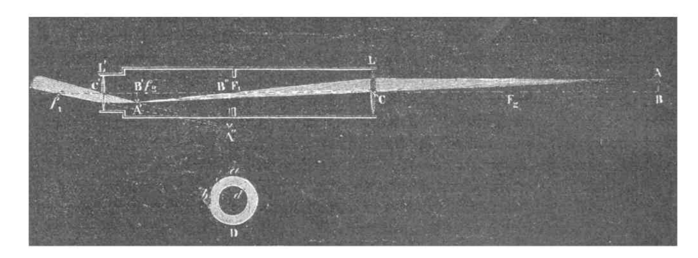
На фигурѣ 147 представлена, въ простѣйшемъ видѣ, астрономическая труба. У нея и объективъ L, и окуляръ L′—оба собирательные; F_1 и F_2 суть главные фокусы объектива, а f_1 и f_2—таковые же окуляра. Изображенiя A′B′ и A″B″ образуются согласно извѣстнымъ намъ законамъ, которыхъ мы не станемъ здѣсь повторять. Прослѣживая ходъ лучей, выходящихъ изъ точки A, читатель легко замѣтитъ, что A′B′ есть дѣйствительное и обратное изображенiе предмета AB, даваемое объективомъ L, а A″B″—мнимое и обратное изображенiе, образованное лучами, прошедшими чрезъ окуляръ L′. Послѣднее изображенiе и видитъ глазъ.

*) Отъ лат. слова *oculus* (окулусъ)—глазъ.

**) Кеплеръ одинъ изъ творцовъ новой астрономiи, родился въ Магштаттѣ (въ Вюртембергѣ) въ 1571 г., ум. въ Ратисбоннѣ 15-го ноября 1630 г.; въ юности помогалъ своему отцу, содержавшему плохенькiй трактиръ; авторъ знаменитыхъ астрономическимъ сочиненiй: *Предвѣстникъ*, *Гармонiи*, *Новая астрономiя*; къ числу сдѣланныхъ имъ открытiй принадлежитъ то, что орбиты планетъ представляютъ собою эллипсисы, въ одномъ изъ фокусовъ которыхъ находится солнце.

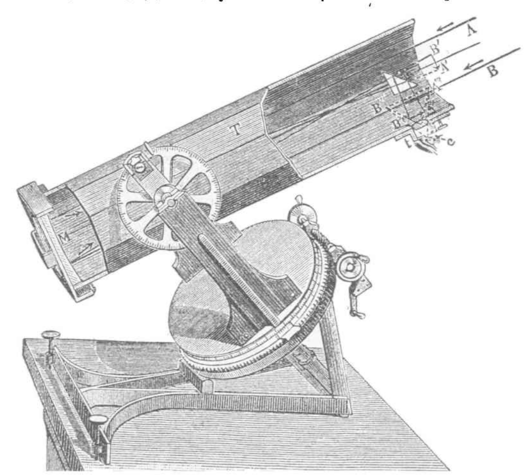
***) Шейнеръ, германскiй астрономъ, род. въ Швабiи въ 1575 г., ум. въ Нейссѣ (въ Силезiи) въ 1650 г.; оспаривалъ у Галлея честь открытiя солнечныхъ пятенъ.

Если зрачокъ помѣщается въ C', то глазъ видитъ изображеніе A"B" подъ угломъ A"C'B", гораздо большимъ сосѣдняго съ нимъ угла ACB (сосѣдняго,—потому что C отстоитъ близко отъ C' по сравненію съ разстояніемъ BC), подъ какимъ онъ увидѣлъ бы AB, разсматривая эту весьма малую линію безъ помощи чечевицы.



Фиг. 147.—Ходъ лучей въ небесной трубѣ.

Для астрономическихъ наблюденій обратность изображеній не составляетъ никакого неудобства, но она является совершенно нежелательной при разсматриваніи земныхъ предметовъ, наприм., какого-нибудь отдаленнаго монументальнаго сооруженія или пейзажа. Для полученія изображеній въ прямомъ видѣ въ на-



Фиг. 148.—Ходъ лучей въ телескопѣ Ньютона.

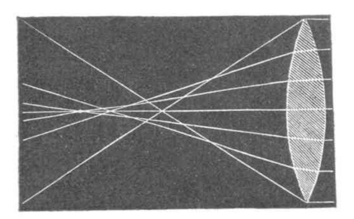
стоящее время употребляютъ предложенную уже капуциномъ *Реитой* (въ XVII ст.) систему изъ двухъ собирательныхъ чечевицъ, надлежащимъ образомъ расположенныхъ между объективомъ и окуляромъ. Этимъ путемъ астрономическая труба обращается въ *земную*, или *подзорную*.

Такова теорія телескоповъ, состоящихъ изъ однѣхъ чечевицъ, или такъ-называемыхъ *зрительныхъ трубъ*.

Сферическія зеркала, подобно чечевицамъ, также даютъ изображенія,

мѣщенныхъ предъ ними предметовъ. Вогнутыя сферическія зеркала, какъ мы видѣли, дѣйствуютъ, какъ собирательныя чечевицы. Поэтому у итальянскаго іезуита *Цукки* въ 1616 г. явилась мысль замѣнить объективъ у зрительной трубы, состоящій изъ собирательной чечевицы, вогнутымъ сферическимъ зеркаломъ. Изобрѣтеніе это названный ученый приписываетъ себѣ въ своей книгѣ, изданной въ Ліонѣ въ 1652 г. Такимъ образомъ телескопъ, состоящій изъ чечевицъ, былъ обращенъ въ *зеркальный телескопъ*. *Телескопами* преимущественно и называютъ, особенно во Франціи, такіе зеркальные телескопы. Впервые такіе телескопы были устроены, однако, гораздо позже, а именно въ 1663 г. шотландцемъ *Грегори* и въ 1672 г. профессоромъ шартрской коллегіи *Кассегреномъ*.

Ньютонъ въ своемъ телескопѣ расположилъ части слѣдующимъ образомъ (*фиг.* 148). Вогнутое зеркало, служащее объективомъ, помѣщается въ M, въ концѣ трубы T. Оно могло бы дать въ A'B' дѣйствительное и обратное изображеніе предмета AB; но, не давая получиться здѣсь этому изображенію, Ньютонъ отражаетъ его отъ помѣщеннаго на пути расходящихся лучей плоскаго зеркала или призмы съ полнымъ внутреннимъ отраженіемъ *m*. Разсматриваютъ это изображеніе чрезъ собирательный окуляръ, который помѣщается въ трубкѣ *t* сбоку трубы T, обращенной своимъ отверстіемъ къ наблюдаемому предмету. Такимъ образомъ, положеніе наблюдателя здѣсь таково, что онъ совершенно не преграждаетъ пути лучамъ, идущимъ въ снарядъ, такъ какъ онъ помѣщается сбоку, а не прямо передъ объективомъ, какъ въ *телескопѣ Гершеля*. Въ этомъ послѣднемъ, гдѣ, какъ видно изъ рисунка (*фиг.* 155), наблюдатели помѣщаются въ чемъ-то вродѣ клѣтки, какъ разъ въ отверстіи трубы, чрезъ которое падаетъ свѣтъ отъ разсматриваемыхъ небесныхъ свѣтилъ.



Фиг. 149.—Образованіе каустической (фокусной) поверхности въ чечевицѣ.

Простымъ глазомъ предметъ былъ бы видимъ подъ весьма малымъ угломъ напротивъ, его изображеніе A''' B''' въ телескопѣ видимо, какъ въ предъидущихъ случаяхъ, подъ гораздо большимъ угломъ A''' C' B'''. Отношеніе между углами зрѣнія, подъ которыми прямолинейный предметъ AB видимъ черезъ телескопъ съ одной стороны, и невооруженнымъ глазомъ, съ другой, называется *линейнымъ увеличеніемъ* даннаго телескопа. Если первый уголъ болѣе второго въ тридцать разъ, то увеличеніе телескопа равно тридцати. Такого именно увеличенія достигъ Галилей. Ясно, что поверхностное увеличеніе въ этомъ случаѣ составляетъ тридцать разъ тридцать, или девять сотъ. Въ настоящее время существуютъ телескопы съ полезнымъ линейнымъ увеличеніемъ до двухъ тысячъ разъ.

Употребляемые нынѣ телескопы въ дѣйствительности имѣютъ не такое простое устройство, какое мы описали. Дѣло въ томъ, что чечевицы и зеркала представляютъ извѣстные недостатки, именно различнаго рода *аберрацію* *), которую необходимо исправить для полученія ясныхъ изображеній. Прежде всего, замѣтимъ, что, свѣтъ, кажущійся намъ бѣлымъ, въ дѣйствительности, какъ показалъ великій *Ньютонъ* **), состоитъ изъ различныхъ цвѣтныхъ лучей, среди которыхъ преобладающими являются: *красные, оранжевые, желтые, зеленые, голубые, синіе* и *фіолетовые*. Такъ какъ эти различные лучи, при прохожденіи чрезъ чечевицу, при-

*) Отъ лат. слова *aberratio* (аберраціо)—уклоненіе, удаленіе.

**) Исаакъ Ньютонъ, англійскій математикъ, физикъ и астрономъ, род. въ Улсфорпѣ 25-го декабря 1642 г., ум. 20-го марта 1727 г.; авторъ многочисленныхъ трудовъ, въ томъ числѣ *Математическихъ началъ естественной философіи* — его лучшей славы; въ этомъ сочиненіи изложено его великое открытіе—*законъ всемірнаго тяготѣнія*.

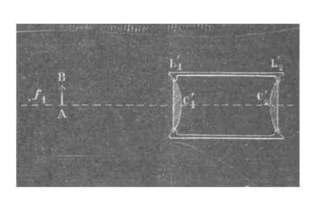
нимаютъ не строго-одинаковое направленіе, то эта послѣдняя даетъ красное, оранжевое и пр. изображенія предмета, въ точности между собой не совпадающія. Явленіе это называется *хроматической* *) *аберраціей* чечевицъ. Въ этомъ отношеніи зеркала имѣютъ преимущество предъ чечевицами: они лишены названнаго недостатка—не даютъ радужныхъ изображеній.

Чечевицамъ, особенно имѣющимъ большіе размѣры, присущъ еще другой недостатокъ; именно, лучи, выходящіе изъ одной точки P, пройдя чрезъ чечевицу, не собираются строго въ одну точку P′, а пересѣкаются во многихъ точкахъ, образуя такимъ образомъ нѣкоторую поверхность; эта поверхность называется *каустическою* **), или *фокусною*. Фигура 149 изображаетъ пучекъ лучей, образовавшихъ такую каустическую поверхность, по выходѣ изъ большой чечевицы, на которую они упали параллельно главной оптической оси. Этого рода оберрація извѣстна подъ названіемъ *сферической аберраціи*. Не производятъ ея только плоскія зеркала. Въ другихъ зеркалахъ легко наблюдать образованіе такой каустической поверхности въ любой моментъ (*фиг.* 150): достаточно положить на листъ бѣлой бумаги металлическое кольцо, перстень, чтобы увидѣть, обрисовывающуюся на бумагѣ каустическую поверхность, соотвѣтствующую отражающей поверхности кольца. Точно такъ же, на поверхности молока, кофе, вообще какой-нибудь непрозрачной жидкости, не до краевъ наполняющей полированную чашку, мы наблюдаемъ каустическую поверхность, происшедшую отъ пересѣченія лучей, отраженныхъ незанятой частью внутренней поверхности чашки.



Фиг. 150.—Образованіе каустической поверхности лучами, отраженными отъ внутренней поверхности кольца.

Естественно, что строители телескоповъ стремились устранить въ своихъ снарядахъ недостатки, проистекающіе отъ хроматической и сферической аберраціи. Ньютонъ полагалъ, что невозможно устранить хроматической аберраціи чечевицы, не уничтоживъ въ то же время и дѣйствія послѣдней на направленіе лучей. У Леонарда *Эйлера* ***), замѣтившаго, что хрусталикъ глаза ахроматиченъ, т.-е. не даетъ цвѣтного изображенія, явилась мысль о возможности приготовленія искусственныхъ ахроматическихъ чечевицъ, для чего имъ даже даны правила, около 1853 г. Въ 1857 г. англійскій оптикъ *Доллондъ*, пытаясь опытнымъ путемъ опровергнуть правила Эйлера, самъ вскорѣ убѣдился въ ихъ справедливости: результатомъ его провѣрочныхъ работъ было изготовленіе первыхъ ахроматическихъ чечевицъ. Ихъ приготовляютъ, склеивая собирательную чечевицу—обыкновенно плосковыпуклую, изъ кронгласа—съ разсѣевающей—выпукловогнутой, изъ флинтгласа, напримѣръ. Путемъ правильнаго подбора стеколъ оптики могутъ получать то или иное сочетаніе, имѣющее желаемое главное фокусное разстояніе и лишенное хроматической и сферической аберраціи. Цѣль эта достигается безъ особеннаго труда въ виду существованія въ подобной парѣ достаточнаго количества измѣняе-

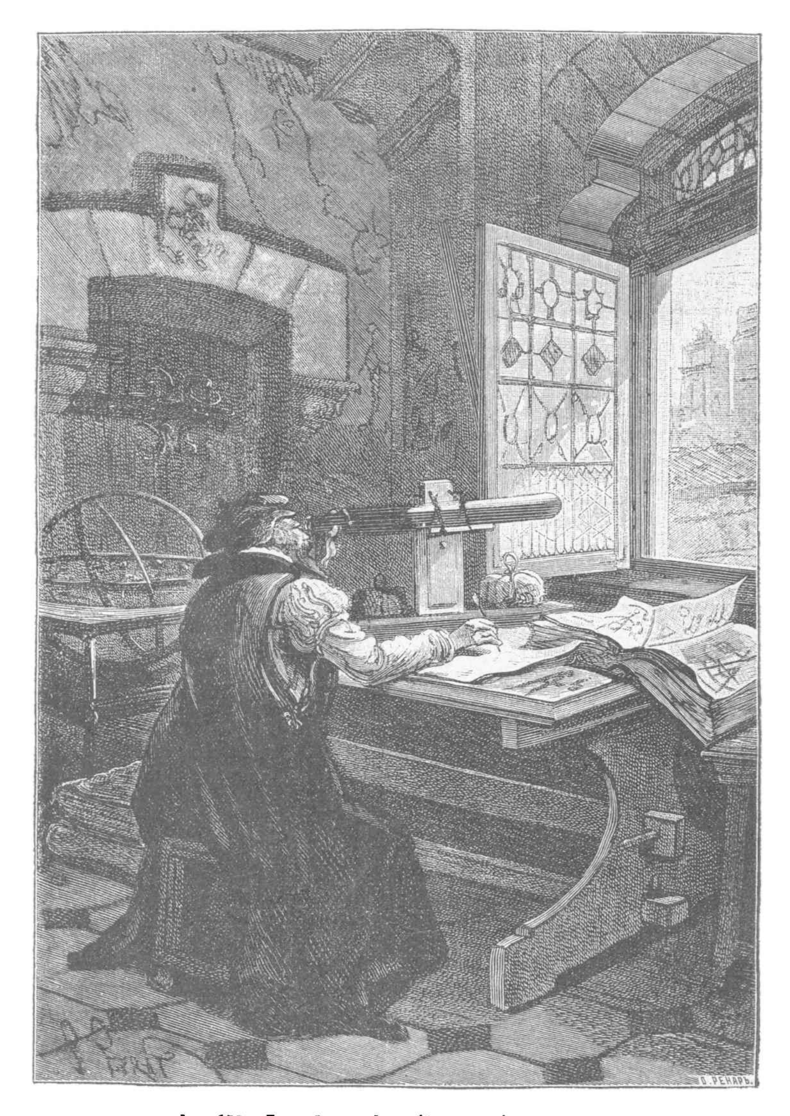


Фиг. 151.—Окуляръ Рамсдена

*) Отъ греч. слова χρῶμα (хрома)—цвѣтъ.

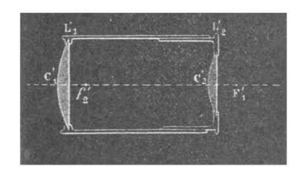
**) Отъ греч. слова καύστικος (каустикосъ)—жгучій, такъ какъ на этой поверхности вмѣстѣ со свѣтомъ сосредоточивается и теплота.

***) Эйлеръ, геометръ, род. въ Базелѣ 15-го апрѣля 1707 г., ум. въ С.-Петербургѣ 7-го сентября 1783 г.; авторъ *Механики*, *Новой теоріи свѣта* и др. сочиненій.



Фиг. 152.—Галилей, опредѣляющій увеличеніе своей трубы.

мыхъ элементовъ. Такимъ-то именно путемъ и приготовляются объективы для зрительныхъ трубъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, какъ, напр., въ Галилеевой трубѣ, чечевицы составляются изъ трехъ стеколъ, чѣмъ обезпечивается еще большая ясность изображеній. Безъ подобной предосторожности, аберрація въ Галилеевой трубѣ, при значительной величинѣ объектива и часто большомъ приближеніи наблюдаемыхъ предметовъ, была бы весьма велика, благодаря чему получались бы весьма несовершенныя изображенія. Такимъ образомъ, въ Галилеевой трубѣ имѣется шесть стеколъ, склеенныхъ по три и образующихъ, съ одной стороны, объективъ, а съ другой—окуляръ. Этотъ послѣдній, какъ замѣчено выше обладаетъ разсѣевающими свойствами.



Фиг. 153.—Окуляръ Гюйгенса.

Въ 1671 г. капуцинскому монаху Шерубену пришла мысль, устроить пару, параллельно расположенныхъ Галилеевыхъ трубокъ—по одной для каждаго глаза; нашъ современный *бинокль* есть не что иное, какъ такая же, но болѣе усовершенствованная, двойная Галилеева трубка, состоящая изъ двѣнадцати стеколъ (*фиг.* 146).

Во всѣхъ прочихъ телескопахъ ахроматическимъ дѣлается одинъ только объективъ; что же касается до окуляра, то онъ состоитъ изъ двухъ собирательныхъ—плосковыпуклыхъ чечевицъ, которыя могутъ быть расположены различнымъ образомъ. Смотря по цѣли, употребляютъ окуляръ Рамсдена, устроенный въ 1782 г., или окуляръ Гюйгенса, устройство котораго относится къ 1656 г. Слѣдуетъ однако-же замѣтить, что первая мысль объ устройствѣ окуляра изъ двухъ отдѣльныхъ стеколъ, дѣйствующаго лучше, нежели окуляръ, состоящій изъ одной чечевицы L′, или Кеплеровъ окуляръ, принадлежитъ *Кампани* *).

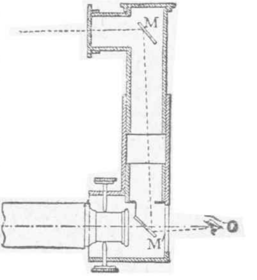
Окуляръ англійскаго оптика *Рамсдена* (*фиг.* 151) состоитъ изъ двухъ одинаковыхъ плосковыпуклыхъ чечевицъ L'_1 и L'_2, шаровыя поверхности которыхъ обращены одна къ другой; главное фокусное разстояніе у обѣихъ чечевицъ одинаковое, а относительное расположеніе ихъ таково, что разстояніе между ними $C'_1C'_2$ составляетъ двѣ трети этого фокуснаго разстоянія. Дѣйствительное изображеніе, даваемое объективомъ, получаютъ въ AB, между главнымъ фокусомъ f_1 и оптическимъ центромъ C′ чечевицы L_1', и разсматриваютъ черезъ окуляръ L'_1 и L'_2.

Окуляръ Гюйгенса (*фиг.* 153) также состоитъ изъ двухъ плосковыпуклыхъ чечевицъ L'_1 и L'_2, обѣ плоскія поверхности которыхъ обращены къ глазу наблюдателя; у большей—L'_1, первой на пути лучей, идущихъ отъ объектива, фокусное разстояніе нѣсколько больше разстоянія $C'_1C'_2$ между чечевицами; напротивъ, меньшая чечевица L'_2 имѣетъ фокусное разстояніе, нѣсколько меньшее разстоянія $C_1'C_2'$. Этотъ окуляръ принимаетъ лучи, идущіе отъ объектива, ранѣе, чѣмъ могло бы образоваться даваемое этимъ послѣднимъ изображеніе; другими словами, расположеніе окуляра таково, что главный фокусъ объектива находится между C'_1 и C'_2, такъ какъ изображеніе весьма удаленнаго предмета, даваемое чечевицей,—въ нашемъ случаѣ, объективомъ,—должно лежать въ главной фокусной плоскости послѣдней. Короче говоря, съ помощью окуляра Рамсдена наблюдаютъ предметъ, или, что то же, его дѣйствительное изображеніе; посредствомъ окуляра же Гюйгенса мы разсматриваемъ изображенія, въ дѣйствительности передъ окуляромъ необразующіяся. По этой причинѣ окуляръ перваго рода часто называютъ также *положительнымъ*, а окуляръ Гюйгенса — *отрицательнымъ*.

Всѣмъ извѣстно, что, приступая къ наблюденію, вдвигаютъ или вы-

*) Кампани, итальянскій астрономъ XVII в.; устроилъ длинные телескопы, посредствомъ которыхъ открылъ пятна на Юпитерѣ.

двигаютъ трубку, въ которую заключенъ окуляръ, до тѣхъ поръ, пока изображенiе не сдѣлается совершенно яснымъ. Въ этомъ именно состоитъ прiемъ *приведенiя изображенiя въ фокусъ*. Послѣднее различно для различныхъ наблюдателей, имѣющихъ различное зрѣнiе. Взявъ для примѣра астрономическую трубу, съ окуляромъ Рамсдена, разъяснимъ вкратцѣ нѣкоторыя весьма употребительные въ оптикѣ термины. Прежде всего, замѣтимъ, что *полемъ зрѣнiя* даннаго снаряда называется то пространство, въ предѣлахъ котораго долженъ находиться предметъ для того, чтобы быть видимымъ черезъ снарядъ, — разумѣется, при неподвижности послѣдняго, такъ какъ перемѣщая его, очевидно, легко наблюдать любой предметъ. Какъ было сказано выше, изображенiя весьма удаленныхъ предметовъ образуются за объективомъ въ главной фокусной плоскости послѣдняго. Эта плоскость находится впереди окуляра Рамсдена, служащаго для разсматриванiя изображенiя. Крайнiя точки поля видны неясно, вслѣдствiе того, что лучи, идущiе отъ нихъ къ объективу, только частью попадаютъ на окуляръ. Лучи эти задерживаютъ помѣщенной въ главной фокусной плоскости объектива зачерненной пластинкой, снабженной въ серединѣ надлежащей величиною отверстiемъ; пластинку эту называютъ *дiафрагмой*, D (*фиг.* 147). Этимъ путемъ поле зрѣнiя, правда, уменьшается, но зато оно рѣзко ограничивается изображенiемъ контура отверстiя дiафрагмы, даваемымъ окуляромъ, и обезпечиваетъ одинаково ясныя изображенiя всѣхъ точекъ, заключающихся въ его предѣлахъ. Часто въ дiафрагмѣ натягиваютъ перпендикулярно одну къ другой двѣ весьма тонкiя нити *a* и *b* (платиновыя или паутинныя), составляющiя такъ-называемую *сѣтку* трубы. На рисункѣ она представлена подъ астрономической трубой (*фиг.* 147). Точка пересѣченiя нитей называется *перекрестомъ*. Прямая линiя, проходящая чрезъ оптическiй центръ C объектива и перекрестъ *d*, называется *оптическою осью* трубы. Если разсматривать весьма удаленную точку A, то ея изображенiе, даваемое объективомъ, получится въ мѣстѣ пересѣченiя фокусной плоскости послѣдняго лучемъ, прошедшимъ, на пути изъ A, чрезъ оптическiй центръ объектива. Перемѣщая трубу такъ чтобы увидѣть изображенiе точки A на перекрестѣ *d* сѣтки, мы заставляемъ линiю, проходящую чрезъ C и точку A, совпасть съ оптическою осью C*d*. Прiемъ этотъ называется *визированiемъ* точки A при помощи трубы, въ виду чего оптическую ось часто называютъ *визирной*, или также *коллимацiонной линiей*. При перемѣщенiи предъ окуляромъ бѣлаго экрана вдоль оси трубы, находимъ для послѣдняго такое положенiе, при которомъ на немъ обрисовывается небольшой, но весьма свѣтлый кругъ. Этотъ кругъ представляетъ собой изображенiе объектива, даваемое окуляромъ; слѣдовательно, чрезъ него проходятъ всѣ лучи, идущiе отъ объектива къ окуляру; его называютъ *глазнымъ кругомъ*, такъ какъ именно въ этомъ мѣстѣ долженъ быть помѣщенъ зрачекъ глаза наблюдателя для того, чтобы послѣднiй могъ ясно обозрѣвать все поле зрѣнiя: это достигается въ силу того, что всѣ лучи, заключающiеся въ полѣ зрѣнiя трубки, проходятъ черезъ этотъ кругъ. Указанное положенiе обозначаютъ плоскимъ металлическимъ колечкомъ,—такъ называемымъ *глазомъ*.



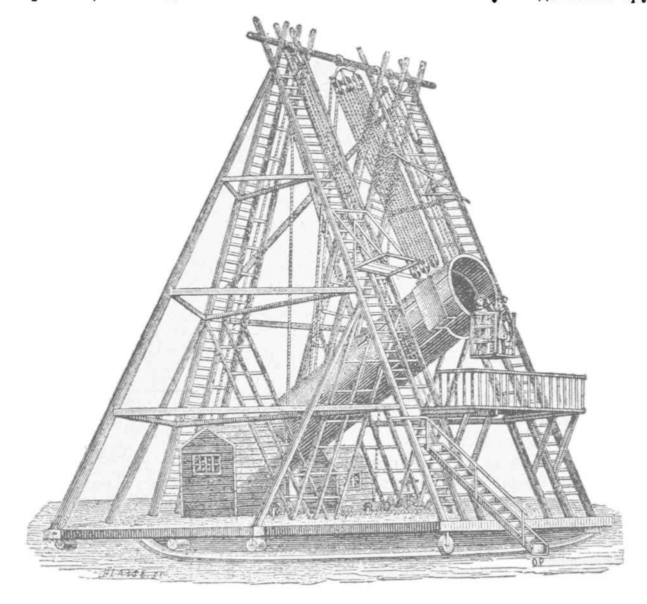
Фиг. 154.—Камера клара Пулльe для опредѣленiя увеличенiя телескопа.

Какимъ образомъ производится измѣренiе увеличенiя телескопа, увеличенiя данной зрительной трубы?

Галилей *) прибѣгалъ къ весьма простому прiему. Онъ визировалъ какой-

*) Галилео-Галилей, итальянскiй математикъ, физикъ и астрономъ, род. въ Пизѣ въ 1564 г., ум. въ Арчетри 19-го января 1642 г. Устройство имъ въ 1608 г. телескопа только на

нибудь отдаленный предметъ, напр., зданіе съ правильными рядами или, лучше, линейку съ равными дѣленіями, причемъ однимъ глазомъ разсматривалъ линейку черезъ трубу, а другимъ—наблюдалъ ту же линейку непосредственно. Тогда для опредѣленія увеличенія ему только нужно было сосчитать, сколько одно дѣленіе, видимое черезъ трубу, закрываетъ дѣленій, видимыхъ невооруженнымъ глазомъ. Этотъ способъ немного утомителенъ, въ виду того, что смотрѣть такимъобразомъ, не отводя глазъ въ теченіе нѣсколькихъ минутъ—довольно трудно;



Фиг. 155.—Телескопъ Гершеля.

кромѣ того, труба въ нѣкоторыхъ случаяхъ закрываетъ масштабъ отъ невооруженнаго глаза.

Разсматривая однимъ и тѣмъ же глазомъ и линейку, и ея изображеніе, *Пулье* избѣгаетъ этихъ неудобствъ. Онъ поступаетъ слѣдующимъ образомъ. Предъ трубой онъ помѣщаетъ трубку, въ которую заключено два плоскихъ зеркала M и M′ (*фиг.* 154), наклоненныхъ другъ къ другу подъ угломъ въ 45°; лучи, идущіе отъ линейки, отражаются сперва отъ M, а затѣмъ отъ M′, такъ что глазу, помѣщенному въ O, кажется тогда, будто онъ видитъ линейку по направленію OM′, т.-е. по направленію оси трубы; такъ какъ при этомъ зеркало M′ въ одномъ мѣстѣ лишено подводки, то глазъ чрезъ эту часть зеркала въ то

основаніи слуховъ, дошедшихъ до него изъ Миддельбурга, относится ко времени его пребыванія въ Венеціи. Его собственныя наблюденія побудили его выступить въ защиту положеній польскаго астронома Николая Коперника (1473—1543) относительно движенія земли вокругъ своей оси и ея періодическаго движенія вокругъ солнца. Передъ судомъ инквизиціи, въ 1633 г., въ возрастѣ 70 лѣтъ, Галилей вынужденъ былъ торжественно отречься отъ своихъ убѣжденій слѣдующимъ образомъ: „Меня заподозрѣли въ ереси за мое мнѣніе о томъ, что солнце неподвижно, а земля движется... Нынѣ я отрекаюсь, проклинаю и отвращаюсь отъ вышесказанныхъ грѣховныхъ и еретическихъ мнѣній и вообще отъ всякой ереси“... и т. д. Существуетъ преданіе, что, вставая, Галилей топнулъ ногою о землю и проговорилъ про себя: „А все-таки она движется!“

же самое время видитъ и изображеніе линейки, даваемое трубой; такимъ образомъ одно изображеніе накладывается на другое, и наблюдателю остается только сосчитать, сколько одно увеличенное дѣленіе закрываетъ неувеличенныхъ дѣленій линейки. Это—такъ называемый *пріемъ съ камерой кларой*, или *камерой люцидой* *). Обратившись къ фигурѣ 147 и разсмотрѣвъ построеніе изображенія, тотчасъ же убѣждаемся въ томъ, что увеличеніе трубы тѣмъ сильнѣе, чѣмъ больше главное фокусное разстояніе объектива и чѣмъ меньше таковое же окуляра; съ другой стороны, наблюдаемое изображеніе будетъ тѣмъ болѣе, освѣщено, чѣмъ болѣе свѣта падаетъ отъ предмета на объективъ. Въ виду этого всегда старались устраивать объективы съ большимъ фокуснымъ разстояніемъ и большимъ діаметромъ. Такъ, въ телескопѣ, построенномъ *Гершелемъ* **) въ періодъ 1785—1789 гг. для своей Слауской обсерваторіи (близъ Виндзора въ Англіи), зеркало имѣло фокусное разстояніе приблизительно въ 39 фут., а діаметръ почти въ 5 фут., его линейное увеличеніе достигало 6000; но на практикѣ, полезное увеличеніе не можетъ превышать 2000.

Еще болѣе значительные размѣры имѣетъ телескопъ, построенный лордомъ *Россомъ* въ Бэррѣ (въ Ирландіи), въ паркѣ собственнаго замка. Въ этомъ снарядѣ фокусное разстояніе равно почти 55 фут., а діаметръ около 6 фут. Онъ позволяетъ ясно видѣть на лунѣ пространство въ 230—260 фут., а между тѣмъ луна находится отъ насъ въ разстояніи 365 тысячъ верстъ.

Зеркала первыхъ телескоповъ отливались изъ бронзы, содержащей одну часть олова на двѣ части мѣди. Изготовленіе ихъ было сопряжено съ большими издержками и представлялось весьма нелегкимъ въ виду трудности полученія вполнѣ однороднаго сплава; кромѣ того, будучи очень тяжелыми, они требовали колоссальныхъ, чрезвычайно громоздкихъ устоевъ, балокъ и канатовъ, какъ это показываетъ изображеніе телескопа Гершеля (*фиг.* 155). Зеркало въ телескопѣ Лорда Росса одно вѣситъ слишкомъ 230 пуд., а желѣзная труба, въ которую оно заключено,—свыше 365 пуд.

Большой прогрессъ въ устройствѣ объективныхъ зеркалъ произошелъ въ 1857 г., благодаря Леону *Фукó* ***). Вмѣсто тяжелыхъ бронзовыхъ онъ сталъ употреблять болѣе легкія стеклянныя зеркала съ посеребренною вогнутою поверхностью, которыя по краямъ сглаживаются такимъ образомъ, что принимаютъ пароболическую форму, т.-е. такъ, что устраняется всякая сферическая аберрація. Покрываніе зеркала тонкимъ слоемъ серебра, образующимъ отражательную поверхность, производится способомъ, открытымъ Штейнгейлемъ въ Мюнхенѣ,

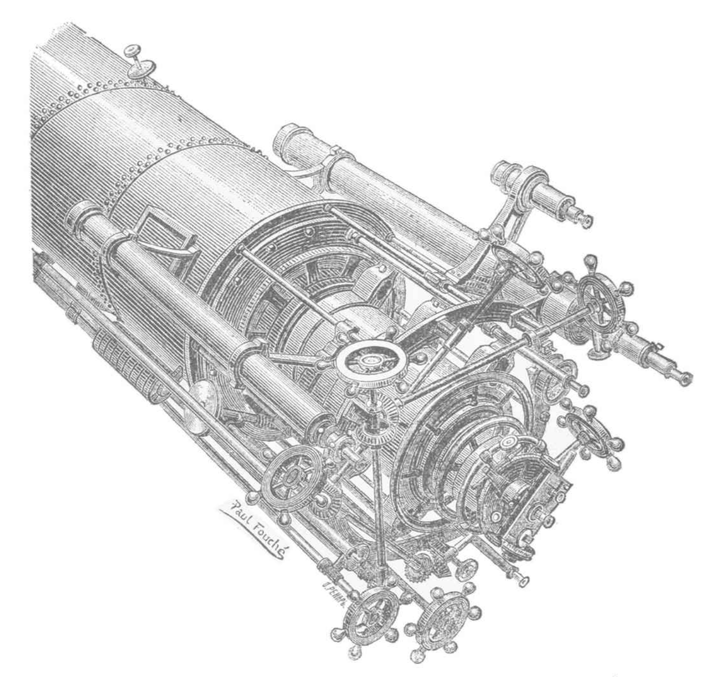
*) Вотъ другой, болѣе простой способъ. Инструментъ точно направляютъ на какой-либо достаточно удаленный предметъ; затѣмъ предъ окуляромъ помѣщаютъ кусокъ растительной (просвѣчивающей, для пересниманія рисунковъ) бумаги и находятъ для него такое положеніе, при которомъ свѣтлый кругъ, даваемый на бумагѣ окуляромъ, представляется наиболѣе яснымъ, послѣ чего измѣряютъ діаметръ этого изображенія помощью тонкаго циркуля или линеечки-дециметра раздѣленной на миллиметры; искомое увеличеніе будетъ равно діаметру объектива, раздѣленному на діаметръ названнаго изображенія. Для большей точности, бумагу приклеиваютъ въ видѣ дна къ картонной трубочкѣ, которая надѣвается на окуляръ. Изображенію можно, благодаря этому, придать устойчивое положеніе чѣмъ облегчается производство его измѣренія (*Астрономія*, № 5, 1890 г.).

**) Вилліамъ Гершель, астрономъ, род. въ Ганноверѣ въ 1738 г., ум. 23-го августа 1822 г. Вначалѣ былъ учителемъ музыки и органистомъ, впослѣдствіи поселился въ Англіи, гдѣ поступилъ на мѣсто регента капеллы въ Галифаксѣ. Удачно построивъ телескопъ и открывъ при помощи его Сатурнъ, онъ почувствовалъ сильное влеченіе къ астрономіи, и въ 1781 г. открылъ планету Уранъ. Онъ самостоятельно открылъ 2,500 туманныхъ пятенъ. Наука обязана ему весьма цѣнными наблюденіями. Важнѣйшее его сочиненіе—*Звѣздный каталогъ*, результатъ совмѣстныхъ трудовъ—самого астронома и сестры его—Каралины Гершель.

***) Жанъ-Бернаръ-Леонъ Фуко, французскій физикъ, род. въ Парижѣ 18-го сентября 1819 г., умеръ 13-го февраля 1868 г.; авторъ многочисленныхъ, въ высшей степени важныхъ трудовъ, изъ которыхъ упомянемъ объ его опытахъ надъ сравненіемъ электрическаго свѣта съ солнечнымъ, надъ превращеніемъ движенія въ теплоту, надъ опредѣленіемъ скорости свѣта. Его открытіе присущаго маятнику свойства—сохранять неизмѣнною плоскость своихъ качаній, послужившее ему для доказательства движенія земли вообще, и въ частности—вращательнаго около ея оси, явилось истиннымъ откровеніемъ для публики, огромными массами собиравшейся, въ 1851 г., смотрѣть на колоссальный маятникъ, подвѣшенный экспериментаторомъ въ центрѣ купола Пантеона.

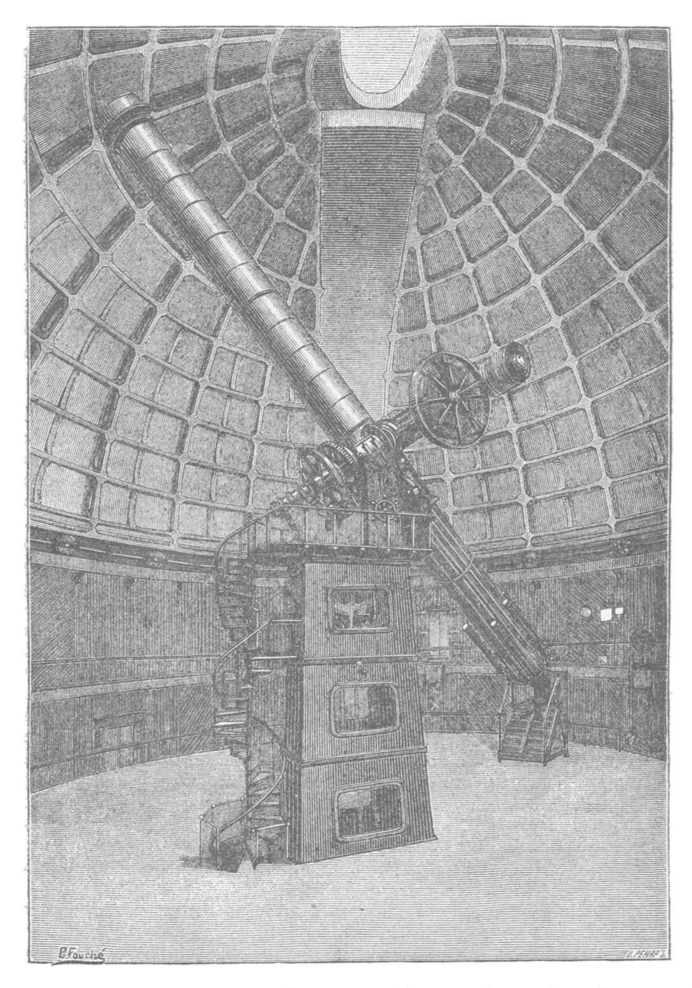
и впослѣдствіи возобновленнымъ Дрейтономъ. Способъ этотъ, состоящій въ возстановленіи азотно-серебряной соли превращеннымъ сахаромъ, доведенъ Фуко и Мартэномъ до такой степени совершенства, что слой серебра нисколько не измѣняетъ параболической формы зеркала. Зеркало, приготовленное указаннымъ путемъ, имѣетъ еще то преимущество передъ бронзовымъ, что посылаетъ окуляру больше свѣта.

Въ зеркальныхъ телескопахъ визированіе сопряжено съ большими затрудненіями. По этой причинѣ въ настоящее время, когда уже умѣютъ дѣлать большія и хорошія чечевицы, предпочтительно употребляются телескопы съ чечевицами, или *астрономическія трубы,* имѣющія иногда колоссальные размѣры. Самый большой инструментъ такого рода—это труба Ликкской обсерваторіи, на



Фиг. 156.—Окуляръ въ телескопѣ Ликкской обсерваторіи на Гамильтоновой горѣ (въ Калифорніи).

Гамильтоновой горѣ (въ Калифорніи). Фигура 157 изображаетъ эту трубу въ цѣломъ, а фигура 156—одинъ окуляръ. Ея ахроматическій объективъ имѣетъ діаметръ около 3 фут., а фокусное разстояніе равно 56 фут.; изображеніе солнца въ этой трубѣ равно приблизительно 6 дюйм. Флинтгласовый объективъ выполненъ Фелемъ въ Парижѣ и доставленъ на обсерваторію въ апрѣлѣ 1882 г.; окончательная же отливка окуляра изъ кронгласа, который пришлось передѣлывать девятнадцать разъ, была произведена не далѣе, какъ въ сентябрѣ 1885 г. Труба снабжена тремя *искателями* — трубками небольшихъ размѣровъ, но съ большимъ полемъ зрѣнія, служащими для быстраго нахожденія того предмета, который желательно наблюдать, т.-е. для быстраго направленія трубы на предметъ. Оку-



Фиг. 157.—Величайшій телескопъ въ мірѣ: телескопъ Ликкской обсерваторіи на Гамильтоновой горѣ (въ Калифорніи).

ляръ имѣетъ весьма сложное устройство, что объясняется предназначеніемъ инструмента—служить для сложныхъ астрономическихъ наблюденій и вычисленій.

Таковы результаты, добытые наукой въ вопросѣ о видѣніи на большомъ разстояніи,—результаты трехвѣковыхъ усилій (съ 1590 до 1890 г.), опиравшихся на законы одной оптики. Благодаря именно телескопамъ, передъ людьми открылись необъятныя небесныя пространства и астрономы получили возможность съ

такой точностью опредѣлить положенiе свѣтилъ и въ подробности изучить характеръ поверхности луны и другихъ планетъ (*фиг.* 158). Не достигаемъ ли мы, напр., при помощи телескопа лорда Росса, того, что луна точно подводится какою-то властною силою такъ близко къ землѣ, что разстоянiе между обѣими планетами какъ бы дѣлается равнымъ всего только 60 верстамъ!

Но на пути между телескопомъ и луной не существуетъ никакой преграды. Не то мы видимъ на землѣ, гдѣ примѣненiе телескопа по необходимости должно быть весьма ограниченнымъ. Вѣдь земля—не плоскiй и ровный кругъ; на ней свѣтъ не можетъ распространяться изъ одного мѣста въ другое такъ же безпрепятственно, какъ въ пустыхъ и необъятныхъ небесныхъ пространствахъ, такъ какъ путь его на землѣ усѣянъ безчисленнымъ множествомъ естественныхъ и искусственныхъ неровностей.

Однако-же, иногда, при существованiи извѣстныхъ условiй, эти земныя преграды, эти природой воздвигнутые гигантскiе экраны, безсильны заслонить отъ насъ обыкновенно загораживаемые ими предметы. Любопытное явленiе, называемое *миражемъ*, а также извѣстное подъ другими названiями — *атмосфернаго преломленiя, перемѣщенiя, поднятiя*,—позволяетъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ, при совершенно исключительныхъ условiяхъ, видѣть тѣ предметы, которые находятся за предѣлами нашего зрѣнiя.

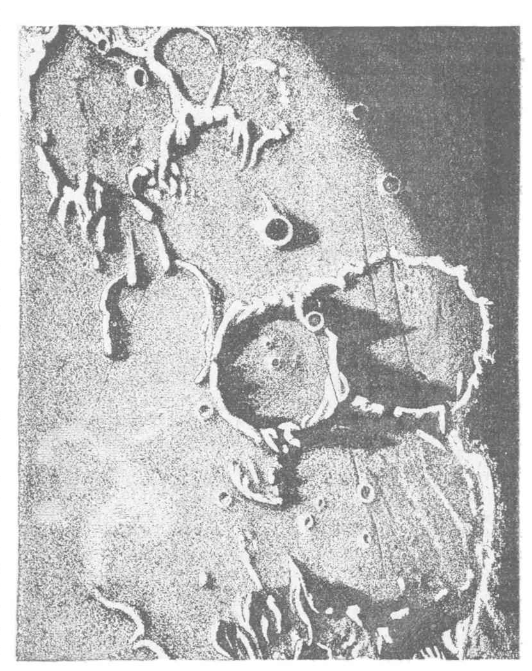
Вотъ какъ описываетъ это явленiе *Монжъ* *), наблюдавшiй его въ египетскую кампанiю 1798 г. Съ того момента, какъ почва достаточно нагрѣлась солнцемъ, до тѣхъ поръ, пока она, съ приближенiемъ вечера, не начинаетъ охлаждаться, видъ земли представляется наблюдателю измѣненнымъ: именно ему кажется, что суша вокругъ него простирается не болѣе какъ версты на четыре, а далѣе виднѣется сплошная водная поверхность, какъ будто все вокругъ залито наводненiемъ. Селенiя, лежащiя за указанными предѣлами, кажутся какъ бы островами на большомъ озерѣ, какъ бы отдѣлены отъ суши большей или меньшей полосой воды; при этомъ, подъ каждымъ селенiемъ видно его обратное изображенiе, точно такое же, какое было бы видно въ случаѣ дѣйствительнаго существованiя отражающей водной поверхности, но такъ какъ оно довольно значительно удалено, то мелкiя подробности его различаются плохо,—оно видно только въ грубыхъ, общихъ чертахъ; кромѣ того, края этого изображенiя нѣсколько не ясны, какъ бываетъ въ случаѣ слегка волнующейся отражающей водной поверхности. По мѣрѣ того, какъ мы будемъ приближаться къ видимому точно на озерѣ селенiю, кажущiйся берегъ все болѣе и болѣе удаляется отъ насъ, раздѣляющая водная полоса все болѣе съуживается, а въ концѣ-концовъ совершенно исчезаетъ, и описанное явленiе, прекращаясь для этого селенiя, съ прежнимъ характеромъ повторяется для другого, открывающагося предъ наблюдателемъ вслѣдъ за первымъ. Такимъ образомъ создается оптическiй обманъ, подчасъ чрезвычайно жестокiй, особенно въ пустынѣ, гдѣ взоръ путешественника, томимаго жаждою, напрасно обольщается видомъ воды, рисующейся ему въ такой близости.

Объясненiе миража, данное Монжомъ и основаное на явленiяхъ преломленiя свѣта и полнаго внутренняго отраженiя, не можетъ считаться вполнѣ удовлетворительнымъ, такъ какъ не идетъ далѣе установленiя причинной связи. Оно заключается въ слѣдующемъ. Нагрѣваясь вслѣдствiе соприкосновенiя съ горячей землей, воздухъ становится легче и потому поднимается выше, уступая свое мѣсто другому слою, который въ свою очередь быстро нагрѣвается и также поднимается вверхъ, вслѣдъ за первымъ. Въ извѣстный моментъ воздухъ надъ поверхностью земли представляется состоящимъ изъ ряда слоевъ, температура которыхъ постоянно возрастаетъ по направленiю къ землѣ; такъ какъ, благодаря этому, преломляющая способность воздуха уменьшается сверху внизъ, то свѣ-

*) Монжъ, французскiй геометръ, творецъ описательной геометрiи, одинъ изъ основателей Политехнической школы.

товой лучъ по мѣрѣ своего приближенія къ землѣ, становится все болѣе и болѣе горизонтальнымъ; когда уголъ, образуемый имъ съ перпендикуляромъ, становится достаточно большимъ, лучъ отражается отъ соотвѣтствующаго слоя воздуха, какъ отразился бы отъ зеркала, и поднимаясь вверхъ, достигаетъ, наконецъ, глаза наблюдателя; послѣдній, продолжая дошедшій до него лучъ, естественно видитъ предметъ, симметричный, по отношенію къ отражающему слою, съ предметомъ, изъ котораго лучъ въ дѣйствительности выходитъ.

Общаго объясненія не существуетъ. Такъ какъ воздушные слои въ разныхъ случаяхъ могутъ принимать весьма различныя плотности и располагаться самымъ различнымъ образомъ, то преломленіе въ такомъ ряду слоевъ можетъ производить явленія, въ частностяхъ крайне разнообразныя. Нерѣдко путемъ тщательнаго наблюденія тѣхъ условій, при которыхъ происходитъ интересующее насъ явленіе, возможно уловить общій смыслъ явленія. Приведемъ по этому поводу нѣсколько любопытныхъ примѣровъ. Біо и Араго, наблюдая съ горы Десіерто-де-ласъ-Пальмасъ (въ Валенціи, въ Испаніи) источникъ свѣта, помѣщенный въ разстояніи 151 версты, на высотѣ 1026 фут., на горѣ Камвей, на островѣ Ивисѣ, неоднократно видѣли этотъ свѣтъ въ сопровожденіи многихъ изображеній, расположенныхъ на одномъ съ нимъ перпендикулярѣ и появлявшихся и исчезавшихъ въ нѣкоторомъ опредѣленномъ порядкѣ. На слѣдующее утро надъ моремъ стлался туманъ, что указывало на то, что воздухъ былъ очень влаженъ во время появленія изображеній.—Паре, будучи въ 1851 г. въ городкѣ Эгъ-Мортъ, замѣтилъ, разъ вечеромъ, селенія и деревья надъ дюнами, обыкновенно закрывающими ихъ.—Докторъ Венсъ, находясь въ Рамсгатѣ, на высотѣ 79 фут. надъ моремъ, видѣлъ, 6-го августа 1806 г., въ семь часовъ вечера, Дуврскій замокъ весьма ясно вплоть до его основанія, какъ еслибъ этотъ замокъ перенесся на холмы, обыкновенно почти вполнѣ скрывающіе его. Дувръ отстоитъ въ 19 верстахъ, и треть этого разстоянія, со стороны Рамсгата, занята моремъ.—Бреоте однажды замѣтилъ изъ Дьеппа берега Англіи, хотя они скрыты кривой поверхностью моря. — Моряковъ долгое время сбивало съ толку появленіе между островомъ



Фиг. 158 —Валы и кратеры на лунѣ.

Аландомъ и шведскимъ берегомъ какого-то фантастическаго острова, исчезавшаго, какъ только къ нему начинали приближаться: оптическій обманъ производился подводнымъ рифомъ, находившимся не набольшой глубинѣ и казавшимся выходящимъ изъ воды, благодаря кривому ходу лучей въ воздухѣ.— Андро въ 1852 г. видѣлъ на разстояніи 37 верстъ Страсбургскую колокольню, иллюминованную по случаю народнаго праздника. Колоссальный величины изображеніе казалось не болѣе какъ въ 2 верстахъ и было настолько ясно, что можно было различить отдѣльные цвѣта иллюминаціи.

Тѣмъ же самымъ объясняется появленіе воздушныхъ городовъ, армій и даже сраженій, описываемое въ средневѣковыхъ разсказахъ. Вотъ два относительно недавнихъ примѣра. Ж. Г. Гарнье передаетъ въ своемъ *Руководствѣ метероологіи*, что 20-го сентября 1835 г. жители Мэндипскихъ холмовъ въ Англіи, видѣли, часовъ въ пять вечера, какъ по небу, будто покрытому густыми парами, проходили отряды конныхъ солдатъ; превосходно различались и всадникъ, и его конь, и даже побѣжка у послѣдняго.

Камиллъ Фламмаріонъ, упомянувъ объ этомъ поразительномъ миражѣ, говоритъ, въ своей прекрасной книгѣ *Атмосфера*, слѣдующее: „Ссылаясь на свидѣтельство многихъ заслуживающихъ довѣрія лицъ, я могъ бы прибавить къ только-что разсказанному факту аналогичное наблюденіе, сдѣланное въ Верлье въ іюнѣ 1815 г. (годъ и мѣсяцъ битвы при Ватерлоо). Трое жителей этого города однажды утромъ видѣли армію на небѣ, и притомъ съ такой отчетливостью, что различали костюмы артиллеристовъ и даже пушку, въ тотъ моментъ, когда послѣдняя, вслѣдствіе поломки колеса, падала...“

Но такъ какъ измѣнять по произволу состояніе атмосферы—не въ нашей власти, то мы должны искать другихъ возможностей видѣть отдаленные предметы, несмотря на преграды, представляющіяся свѣту на его пути. Какъ же устранить, обойти эти препятствія? Нельзя ли ожидать, что чудесное электричество, — эта благодѣтельная фея, уже столько сдѣлавшая для насъ, — сможетъ однимъ ударомъ своей магической палочки, дать намъ возможность видѣть отдаленнѣйшіе ландшафты, наблюдать предметы и людей другихъ широтъ въ то самое время, когда телефонъ будетъ передавать намъ рѣчь послѣднихъ? Быть можетъ, долженъ будетъ встать новый Амперъ или новый Фарадей для того, чтобы подслушать у волшебницы ея тайну. Но уже и теперь, по наличнымъ даннымъ современнаго знанія, можно смѣло предвидѣть возможность осуществленія подобной цѣли при помощи электрическаго телескопа, для котораго какъ выше упомянуто, придумано названіе **телефота**. Если не нашъ, то слѣдующій вѣкъ безъ сомнѣнія будетъ привѣтствовать это прекрасное открытіе, а сдѣлавшій его геній причисленъ къ сонму безсмертныхъ. Благодаря телефону и телефоту все человѣчество обратится въ одну нераздѣльную семью!

Какъ ранѣе идея фонографа и телефона, такъ впослѣдствіи и смѣлая идея *телефота* также явилась у француза — у нотаріуса Санлека въ Ардрѣ (Па-де-Калé), работы котораго въ этомъ направленіи начались уже въ первые мѣсяцы 1877 г.

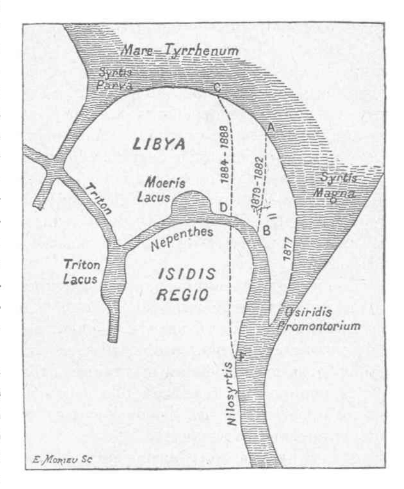
Неужели можетъ статься, чтобы мысль о *телефотѣ* представляла собою не химеру, не безумную мечту больного воображенія? Гдѣ тѣ положительные, научно-доказанные факты, на которые можетъ опираться подобная мысль?

Сейчасъ мы ихъ укажемъ. Не вдаваясь въ разсмотрѣніе всѣхъ взаимныхъ отношеній между свѣтомъ и электричествомъ, займемся только тѣмъ изъ нихъ, о которомъ мы уже имѣли случай упомянуть ранѣе.

Если въ цѣпь элемента вводится кусокъ селена, или вообще надлежащимъ образомъ приготовленная селеновая поверхность, то всякое измѣненіе въ освѣщеніи селена влечетъ за собой измѣненіе тока, проходящаго по этой поверхности: измѣняется магнитное поле, происходящее отъ этого тока. Вотъ что лежитъ въ основѣ свѣтового телефона.

Какое отношеніе существуетъ между только-что указаннымъ явленіемъ и

если чрезъ нее смотритъ глазъ, помѣщенный въ O, то точку P онъ увидитъ въ P'. Въ самомъ дѣлѣ, лучъ *Pp* сперва отразится отъ поверхности AB стекла въ *p*, затѣмъ придетъ въ *r*, гдѣ снова отразится; послѣ этого второго отраженія, лучъ направится въ глазъ O, но такъ какъ послѣдній всегда видитъ по направленію входящихъ въ него лучей, то онъ отнесетъ точку P въ P'. Такъ какъ сказанное приложимо ко всѣмъ точкамъ предмета M, то послѣдній,— пусть это будетъ, наприм., микрометръ, т.-е. линеечка съ весьма мелкими дѣленіями,—будетъ, слѣдовательно, виденъ въ M', въ натуральную величину. Описанная система, дѣйствующая сходно съ камерой Пуллье, носитъ названіе *камеры-клары*.

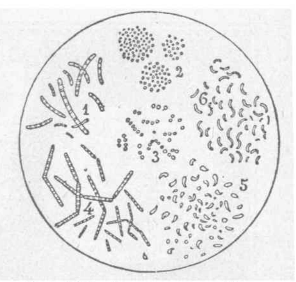


Фиг. 175.—Телескопическій видъ.

Карта измѣненій моря Песочныхъ Часовъ съ 1877 г. по 1888 г. на планетѣ Марсъ *). Минимальное разстояніе отъ земли—56 милліоновъ километровъ.

Если наблюдатель держитъ въ рукѣ карандашъ и ставитъ остріе его въ точкѣ P, то глазъ увидитъ остріе карандаша въ P'. Помощью такой камеры-клары очень легко срисовать на бумагѣ предметъ, разсматриваемый чрезъ микроскопъ. Предметъ помѣщается въ E, а бумага въ F. Такъ какъ наблюдатель, смотря чрезъ названный снарядъ на бумагу и карандашъ, одновременно видитъ и изображеніе, то ему, разумѣется, остается только водить карандашомъ по видимымъ контурамъ.

Теперь спрашивается, во сколько же разъ полученный рисунокъ больше самаго предмета.—Для того, чтобы узнать это, станемъ сперва разсматривать чрезъ микроскопъ предметный микрометръ—стеклянную пластинку, на которой одинъ миллиметръ раздѣленъ на сто равныхъ частей. Подъ микроскопомъ дѣленія эти представляются весьма увеличенными. Если теперь помощью камеры-клары сопоставимъ съ этими увеличенными дѣленіями другой микрометръ, раздѣленный на миллиметры, то увидимъ, сколько миллиметровъ покрывается одною сотою миллиметра. Если послѣдняя закрываетъ, напр., два миллиметра, то мы скажемъ, что увеличеніе нашего микроскопа равно 200, такъ какъ одна сотая миллиметра, разсматриваемая чрезъ микроскопъ, представляется двумя миллиметрами, т.-е. въ 200 разъ увеличенною.



Фиг. 176.—Микроскопическій видъ.

Микробы различныхъ заразныхъ болѣзней, наблюдаемые подъ микроскопомъ въ каплѣ воды: 1—туберкулеза, 2—дифтеріи, 3—оспы, 4—карбункула, 5—инфлуэнцы, 6—холеры.

Если затѣмъ, при замѣнѣ микрометра разсматриваемымъ предметомъ, окажется, что послѣдній также покрываетъ два миллиметра на микрометрѣ M, то мы сдѣлаемъ

*) *Астрономія*, 1889 г., № 8.

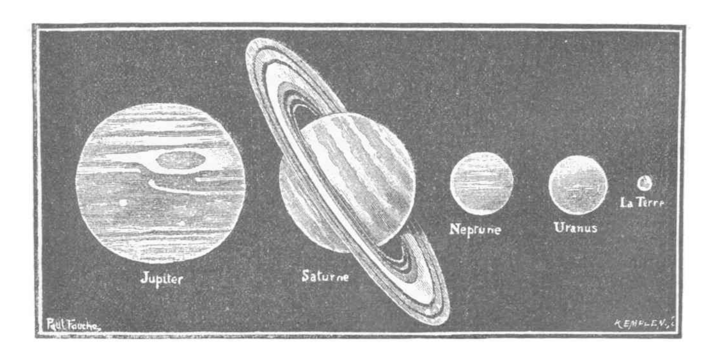
заключеніе, что истинная длина предмета равна одной сотой миллиметра. Этимъ-то именно путемъ опредѣляется величина весьма мелкихъ живыхъ существъ или такихъ же неодушевленныхъ предметовъ и измѣряется то увеличеніе, подъ какимъ они видимы на упомянутыхъ рисункахъ (*фиг.* 174 и 176)

Такимъ образомъ, подобно тому, какъ наука выработала средства, исправляющія несовершенства нашего слуха—средства, сообщающія нашему уху ту силу, которой ему не доставало, но которая, однако-же, необходима въ виду умножившихся жизненныхъ потребностей,—дающія намъ возможность слышать рѣчь на какомъ угодно большомъ разстояніи и воспринимать наиболѣе слабые звуки,—та же наука, медленно, но вѣрно подвигаясь впередъ, создала и способы, уже и теперь сообщающіе нашему органу зрѣнія значительное могущество. Такъ, помощью телескопа она обнаружила предъ нами красоту, безграничность вселенной и существованіе множества міровъ; она даже измѣрила и описала эти міры—создала небесныя карты (*фиг.* 175). Можно сказать, что она почти сдѣлала видимой безконечность.

Посредствомъ микроскопа она открыла существованіе безсчетнаго числа такихъ живыхъ существъ, о которыхъ и не подозрѣвалъ умъ человѣческій. Она дала намъ возможность видѣть, сосчитывать, группировать и изучать эти безмѣрно-малыя существа, этотъ міръ повидимому столь слабыхъ, но на дѣлѣ, какъ полагаютъ современные ученые, столь ужасныхъ невидимокъ!

Наконецъ, въ телефотѣ она дастъ намъ средство видѣть то, что̀ происходитъ на краю свѣта—въ любомъ уголку земного шара, и тѣмъ разрѣшитъ еще одну удивительную задачу!

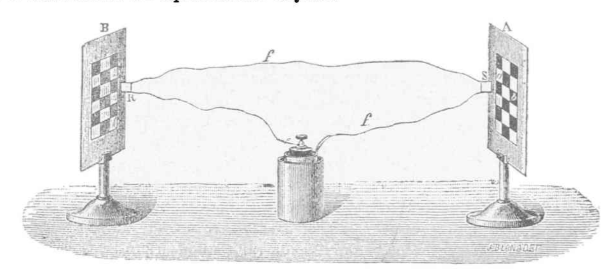
На что тогда направятся желанія людей?—Получивъ возможность безпрепятственно видаться и бесѣдовать, находясь въ противоположныхъ концахъ земли, люди начнутъ находить свою землю еще меньшей, нежели она есть на самомъ дѣлѣ, считать себя стѣсненными, одинокими и искать... Чего?... Безъ сомнѣнія,—средства сообщаться съ какой-нибудь другой планетой.—А по достиженіи этой цѣли?... Чего еще?—Чего-нибудь другого, чего мы уже не можемъ предвидѣть. Но если только стихіи не уничтожатъ тѣхъ просвѣщенныхъ странъ, гдѣ будетъ царствовать наука, передъ человѣкомъ встанетъ новая цѣль, которую онъ вновь будетъ стремиться достигнуть и которую въ концѣ-концовъ достигнетъ непремѣнно!...



КНИГА ВТОРАЯ.

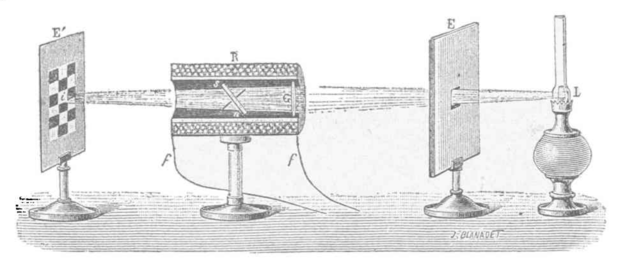
ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЭНЕРГІЯ.

вопросомъ о передачѣ изображенія? Отношеніе это заключается въ слѣдующемъ. Изображеніе, какимъ бы путемъ оно ни было произведено, есть не что иное, какъ нѣкоторая поверхность, состоящая изъ различно освѣщенныхъ точекъ (точекъ — въ физическомъ смыслѣ, конечно). Слѣдовательно, если по всей поверхности даннаго изображенія проводить чувствительную селеновую пластиночку, то проходящій по ней токъ, будетъ измѣняться въ зависимости отъ прохожденія по различно освѣщеннымъ мѣстамъ,—усиливаясь при бо́льшемъ освѣщеніи и ослабляясь въ противномъ случаѣ.



Фиг. 159.—Принципъ передачи изображенія: электрофосфоръ.

Такимъ образомъ, благодаря указанному любопытному свойству селена, мы можемъ получить электрическое или магнитное изображеніе—особаго рода фотографическій снимокъ со свѣтового изображенія. Но какъ же совершится переходъ магнитнаго изображенія въ свѣтовое, какъ произвести послѣднее въ томъ или другомъ мѣстѣ, на пути соединительной проволоки *ff* (*фиг.* 159)? Разрѣшеніе этой второй части интересующей насъ задачи представляетъ особыя трудности.



Фиг. 160.—Иллюминаторъ Эйртона и Перри, играющій роль электрофосфора.

Конечно, это было бы какъ нельзя проще, если бы было извѣстно вещество, обладающее свойствомъ свѣтиться отъ дѣйствія проходящаго по нему электрическаго тока, и притомъ такъ, чтобы сила свѣта измѣнялась въ строгомъ соотвѣтствіи съ силою тока. Введя въ цѣпь, на пріемной станціи, такое вещество R, мы заставили бы его испытывать движеніе, совершенно подобное движеніе селена, „развѣдывающаго“ подлежащее передачѣ изображеніе A (*фиг.* 159); тогда вещество R,—назовемъ его *электрофосфоромъ*,—обрисовало бы въ пространствѣ, въ B, долженствующее быть переданнымъ изображеніе A, которое глазъ видѣлъ бы вполнѣ хорошо въ томъ случаѣ, если бы движеніе развѣдчика S, а вмѣстѣ съ тѣмъ и одинаковое движеніе вещества R, совершались съ быстротой, достаточной для того,

чтобы изображеніе A было вполнѣ развѣдано въ теченіе такого короткаго промежутка времени, въ какой его не успѣло бы ни изгладить, ни даже ощутительно затемнить послѣдующее впечатлѣніе, полученное сѣтчаткою. Въ B было бы видно изображеніе A такъ же точно, какъ мы видимъ въ воздухѣ огненную окружность, даваемую раскаленнымъ углемъ, который приведенъ въ быстрое вращательное движеніе.

Въ самомъ дѣлѣ, нетрудно понять, что въ то время, когда селенъ S прилегалъ бы къ болѣе освѣщенному мѣсту *a*, токъ заставлялъ бы свѣтиться вещество R съ соотвѣтствующей силой; по переходѣ S въ менѣе освѣщенное мѣсто *b*, сила тока, а чрезъ это и свѣта, издаваемаго электрофосфоромъ R, должна была бы тотчасъ же уменьшаться; такъ какъ при послѣдовательномъ прохожденіи электрофосфоромъ ряда положеній совершенно тождественныхъ съ соотвѣтственными положеніями различныхъ точекъ изображенія A, сила свѣта, испускаемаго R, постоянно будетъ пропорціональна освѣщенію послѣднихъ, то изображеніе A необходимо должно точно воспроизводиться въ B. Если бы электрофосфоръ имѣлъ еще, кромѣ того, свойство свѣтиться цвѣтами, соотвѣтствующими таковымъ въ A, то наша задача могла бы быть разрѣшена вполнѣ.

Но электрофосфоръ, — этотъ философскій камень въ вопросѣ о телефотѣ, пока еще не найденъ. Въ виду этого современные изслѣдователи вынуждены искать другихъ путей къ осуществленію поставленной цѣли.

Эйртонъ и Перри придумали непрямой пріемникъ, названный ими *иллюминаторомъ* (*фиг.* 160). Устройство его слѣдующее. Лампа L освѣщаетъ экранъ E, снабженный четырхугольнымъ отверстіемъ, изображеніе котораго пролагается на экранъ E′ чечевицей G. На трубку R, въ которую заключена чечевица, намотана обвитая шелкомъ мѣдная проволока, составляющая часть цѣпи. Токъ, проходящій въ цѣпи, отклоняетъ, силою производимаго имъ магнитнаго поля, магнитную стрѣлку *n s* на углы, величина которыхъ зависитъ отъ силы магнитнаго поля, т.-е. отъ магнитнаго изображенія, являющагося въ результатѣ развѣдыванія свѣтого изображенія A селеномъ S. Къ стрѣлкѣ прикрѣплена зачерненная пластинка изъ весьма легкаго металла — алюминія, такимъ образомъ, что когда по проволокѣ не проходитъ тока, отверстіе трубы K совершенно закрывается пластинкою, — и свѣтъ отъ лампы L черезъ трубу не пропускается; при прохожденіи же и послѣдовательномъ измѣненіи тока, стрѣлка отклоняется то болѣе, то менѣе, въ зависимости отъ увеличенія или уменьшенія силы тока, вслѣдствіе чего черезъ трубу L пропускается то большее, то меньшее количество свѣта, дающее то болѣе, то менѣе яркое изображеніе *i*. Если помощью надлежащаго механизма этому изображенію сообщать такое же быстрое движеніе, въ какое приведенъ селенъ, то оно обрисуетъ на экранѣ E′ изображеніе A точно такъ же, какъ то сдѣлалъ бы нашъ несуществующій пока электрофосфоръ. Разумѣется, для этого нужно, чтобы иллюминаторъ Эйртона и Перри отличался большою чувствительностью и бросалъ на экранъ E′ количества свѣта, постоянно пропорціональныя силѣ тока. Но такъ какъ выполненіе подобныхъ условій представляетъ весьма большія трудности, то по способу Эйртона и Перри воспроизводилось лишь изображеніе, состоявшее изъ чередующихся свѣтлыхъ и темныхъ линій.

Въ іюнѣ 1880 г. Сойеръ предложилъ замѣнить изображеніе *i* искрой, даваемой индукціонной катушкой. Это дѣлается такъ. Предположимъ, что наша соединительная проволока соединена съ первичной проволокой индукціонной катушки. Подъ вліяніемъ измѣненій тока, между весьма близко расположенными другъ къ другу концами вторичной проволоки, будутъ пробѣгать искры. Ясно, что искры эти будутъ тѣмъ сильнѣе, т.-е. ярче, чѣмъ больше будетъ разница между данными точками, по которымъ послѣдовательно проходитъ селенъ, т.-е. чѣмъ сильнѣе измѣненіе, претерпѣваемое наводящимъ полемъ. Быть можетъ, сообщивъ, какъ въ предъидущихъ пріемникахъ, одинаково быстрое движеніе селену S и пріемной искрѣ, можно было бы достигнуть воспроизведенія изобра-

женія А, развѣдываемаго селеномъ S. Замѣтимъ, однако же, что этотъ способъ несовершененъ даже съ теоретической точки зрѣнія.

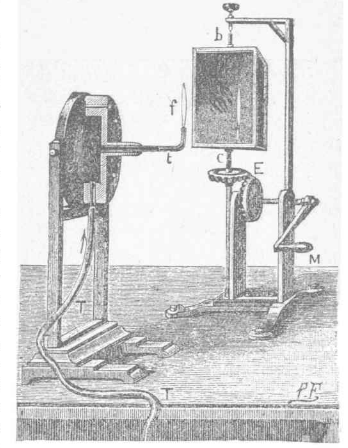
Чтобы въ В получить впечатлѣніе А, нѣтъ необходимости воспроизводить всѣ точки послѣдняго, а довольно уже воспроизвести лишь извѣстное число ихъ, достаточно тѣсно расположенныхъ, образующихъ, наприм., густой рядъ линій, при чемъ форма этихъ такъ-называемыхъ развѣдочныхъ линій, можетъ, впрочемъ, быть совершенно произвольной.

Изъ вышеизложеннаго видно, что всѣ изслѣдованія въ этомъ направленіи опираются на слѣдующія три наблюденія:

1) Электрическій токъ, проходящій по селеновой пластинкѣ, введенной въ цѣпь элемента, измѣняется въ соотвѣтствіи со степенью освѣщенія селена.

2) Глазъ получаетъ цѣльное впечатлѣніе изображенія и въ томъ случаѣ, когда впечатлѣнія отдѣльныхъ точекъ воспринимаются не одновременно, а чрезъ короткіе промежутки, составляющіе весьма малыя доли секунды.

3) Глазъ видитъ ясно все данное изображеніе и въ томъ случаѣ, когда получаетъ впечатлѣнія лишь нѣкоторой части составляющихъ его точекъ. Достаточно, напр., видѣть всѣ тѣ точки, которыя составляютъ рядъ смежныхъ линій, произвольной формы, но удачно выбранныхъ.



Фиг. 161.—Манометрическая капсула Кёнига.

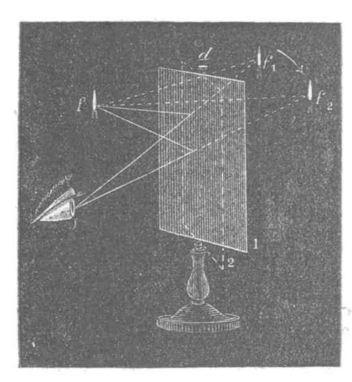
Лазаръ Веллье, опираясь на эти наблюденія, предложилъ весьма оригинальный способъ ихъ приложенія. Если на пріемной станціи помѣщенъ магнитный телефонъ, введенный въ цѣпь, то ясно, что колебанія тока, производимыя селеномъ, заставятъ говорить телефонъ, какъ уже ранѣе было объяснено. Телефонъ въ этомъ случаѣ даетъ звуковое изображеніе свѣтового. Какимъ образомъ изъ этого звукового изображенія извлечь вызвавшее его соотвѣтственное свѣтовое изображеніе?

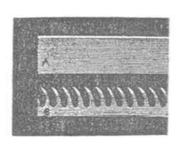
Чтобы составить себѣ надлежащее понятіе о способѣ, предлагаемомъ Веллье, необходимо имѣть нѣкоторыя свѣдѣнія изъ акустической оптики и въ частности требуется знакомство съ *манометрической капсулой Кенига* и способомъ произведенія фигуръ, извѣстныхъ подъ названіемъ *фигуръ Лиссажу*, по имени впервые получившаго ихъ ученаго.

Нѣтъ ничего проще и чувствительнѣе *манометрической капсулы*, или *манометрическаго пламени*, придуманнаго въ 1862 г. физико-механикомъ Кёнигомъ и въ настоящее время весьма употребительнаго при изслѣдованіяхъ о звукѣ. Этотъ превосходный оптическій указатель звуковыхъ колебаній представленъ на фигурѣ 161. Онъ состоитъ изъ коробочки чаще всего круглой формы, одной изъ стѣнокъ которой *a* служитъ упругая перепонка. Свѣтильный газъ входитъ въ коробочку чрезъ каучуковую трубку T, а выходитъ чрезъ весьма тонкую трубочку *t*, въ концѣ которой и зажигается—въ *f*. Что произойдетъ, если перепонка *a* начнетъ колебаться? Въ то время, когда она будетъ двигаться направо, газъ сожмется и оттолкнется по направленію къ пламени *f*; при движеніи ея въ обратную сторону—произойдетъ противное. Періодическія измѣненія въ степени сжатія газа влекутъ за собою періодическія же измѣненія длины и яркости пламени *f*. Эти дрожанія пламени будутъ замѣтны и такъ, при непосредственномъ наблюденіи, но не раздѣльно. Для отдѣленія ихъ другъ отъ друга пользуются

приспособленіемъ, напоминающимъ способъ отдѣленія колебаній дрожащаго штифта путмеъ приведенія послѣдняго въ соприкосновеніе съ движущейся закопченной поверхностью. Въ настоящемъ случаѣ роль закопченной поверхности играетъ вертикальное призматическое зеркало (*фиг.* 161), приводимое во вращательное движеніе около оси *b c* посредствомъ рукоятки М и зубчатыхъ колесъ Е.

Для объясненія дѣйствія зеркала, возьмемъ, для большей простоты, плоское зеркало (*фиг.* 162), въ которомъ глазъ, изображенный на фигурѣ, разсматриваетъ изображеніе пламени *f*; это зеркало можетъ вращаться около оси *d*. Когда зеркало занимаетъ положеніе 1, глазъ видитъ въ f_1 изображеніе пламени *f*; когда зеркало повернулось и пришло въ положеніе 2, глазъ видитъ изображеніе пламени *f* въ f_2. Если пламя не колеблется, то при вращеніи зеркала глазъ будетъ видѣть не изображеніе пламени, а непрерывную огненную ленту А, образованную сліяніемъ, въ глазу, ряда послѣдовательныхъ изображеній пламени. Если же, напротивъ того, пламя, во время перехода зеркала изъ положенія 1 въ положеніе 2, измѣнялось въ длинѣ, то огненная лента приметъ рѣзко зубчатый видъ В; если при этомъ пламя періодически проходитъ чрезъ одни и тѣ состоянія, то лента представится состоящей изъ ряда тождественныхъ отрѣзковъ, повторяющихся при каждомъ полномъ колебаніи перепонки *a*. Такимъ образомъ, если желаютъ оптически обнаружить колебанія, совершающіяся въ телефонѣ, естественно нужно стремиться обратить послѣдній въ настоящую манометрическую капсулу, такъ, чтобы телефонная пластинка играла роль перепонки *a*. Это-то именно и предлагаетъ Веллье. Такой *манометрическій телефонъ* представленъ на фигурѣ 168. Въ Т видна трубка, которая проводитъ свѣтильный газъ, поддерживающій пламя *f*; роль перепонки *a* у коробочки здѣсь исполняетъ дрожащая пластинка; дрожанія послѣдней вызываются измѣненіями силы тока, происходящими во время развѣдыванія селеномъ подлежащаго передачѣ изображенія. Трудно въ этой системѣ добиться того, чтобы яркость пламени *f* во всякій данный моментъ была пропорціональна освѣщенію той точки въ изображеніи, съ какою въ этотъ моментъ соприкасается селенъ.



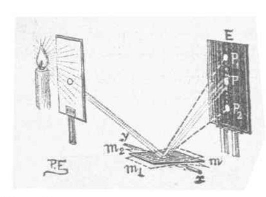


Фиг. 162.—Дѣйствіе вращающагося плоскаго зеркала: А—непрерывная свѣтовая полоса.—В—зубчатая полоса.

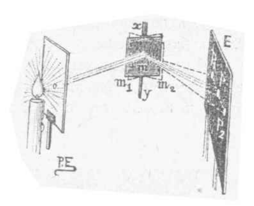
При помощи только что описаннаго приспособленія Веллье хочетъ обратить телефонъ въ приборъ, воспроизводящій изображеніе, подобно тому какъ онъ въ настоящее время воспроизводитъ звукъ. Для уясненія предлагаемаго имъ способа, скажемъ въ нѣсколькихъ словахъ, въ чемъ состоятъ фигуры Лиссажу.

Въ первой главѣ было объяснено, какимъ образомъ штифтикъ, прикрѣпленный къ какому-либо дрожащему тѣлу—пруту, камертону и т. п., записываетъ колебанія этого тѣла на закопченной поверхности. Вмѣсто штифтика Лиссажу взялъ свѣтовой лучъ, обладающій, конечно, еще гораздо большей чувствительностью. Весьма простой принципъ этой изящной и превосходной замѣны заключается въ слѣдующемъ: лучъ, падающій на плоское зеркало *m*, отражается отъ него и даетъ въ Р, на встрѣчаемомъ по пути экранѣ Е, свѣтлую точку. На фигурѣ 163, зеркало, могущее вращаться около горизонтальной оси,

или шарнира xy, изображено сначала въ горизонтальномъ положеніи; если при вращеніи около xy, зеркало переходитъ изъ положенія m въ положеніе m_1, то отраженный лучъ также вращается и свѣтовая точка перемѣщается на экранѣ изъ P въ P_1 по вертикальному направленію PP_1; если зеркало переходитъ изъ m въ m_2, то такимъ же образомъ свѣтовая точка перемѣщается изъ P въ P_2. Если теперь зеркало будетъ приведено въ быстрое колебательное движеніе между

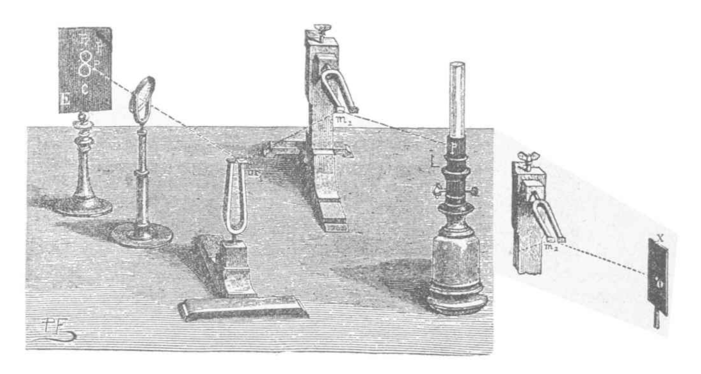


Фиг. 163.—Дѣйствіе горизонтально колеблющагося зеркала.



Фиг. 164.—Дѣйствіе вертикально колеблющагося зеркала.

положеніями m_1 и m_2, то глазъ увидитъ на экранѣ коротенькую *вертикальную* свѣтовую линію $P_1 P_2$, въ силу способности сѣтчатой оболочки сохранять полученныя впечатлѣнія въ теченіе нѣкотораго времени. Прилагая сказанное къ случаю, представленному на фигурѣ 164, гдѣ зеркало движется около вертикальной оси xy, убѣдимся, что при колебательномъ движеніи зеркала между положеніями m_1 и m_2 глазъ долженъ видѣть на экранѣ коротенькую *горизонтальную* свѣто-

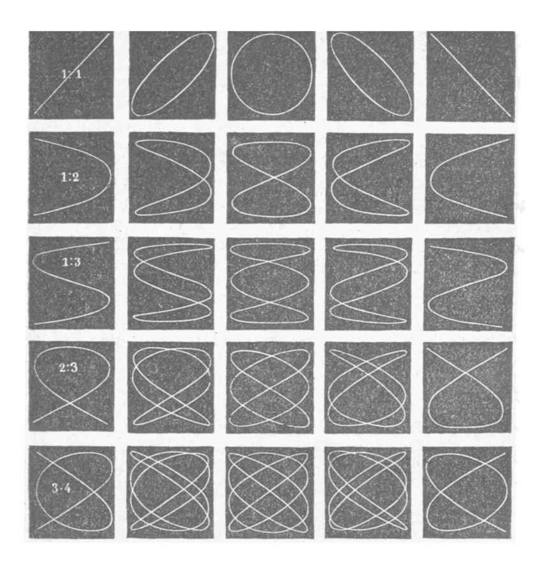


Фиг. 165.—Опытъ Лиссажу съ камертонами.

вую линію $P_1 P_2$. Совершенно очевидно, что если лучъ, до паденія на экранъ, будетъ послѣдовательно отражаться отъ двухъ зеркалъ,—одного, приведеннаго въ горизонтальное,—другого—въ вертикальное колебаніе, то онъ будетъ перемѣщаться заразъ въ горизонтальномъ и вертикальномъ направленіяхъ, вслѣдствіе чего свѣтовая точка P станетъ описывать на экранѣ свѣтовую *кривую*, форма которой будетъ зависѣть отъ колебаній обоихъ зеркалъ. Такія кривыя называются *кривыми*, или *фигурами Лиссажу*.

Возьмемъ одинъ частный случай, именно тотъ, который интересуетъ насъ по отношенію къ нашей цѣли. Укрѣпимъ на одномъ камертонѣ, колеблющемся

вертикально, одно зеркало m_1 (*фиг.* 165), а на другомъ, приведенномъ въ горизонтальное дрожаніе,—другое зеркало m_2. Лучъ, выходящій изъ L и отражающійся сперва отъ m_2, затѣмъ отъ m_1, долженъ, какъ сейчасъ объяснено, описывать на экранѣ Е кривую Лиссажу, форма которой соотвѣтствуетъ взятой парѣ камертоновъ. Форма такихъ кривыхъ зависитъ отъ періодовъ колебаній обоихъ камертоновъ; въ случаѣ равныхъ періодовъ, она зависитъ отъ разности ихъ фазъ, т.-е. отъ величины той части періода, которая отдѣляетъ начальные моменты колебаній данныхъ двухъ камертоновъ; отсюда—безконечное разнообразіе подобныхъ кривыхъ. Нѣсколько такихъ замѣчательныхъ кривыхъ представлено на фигурѣ 166. На пяти крайнихъ лѣвыхъ фигурахъ показаны отношенія между числами колебаній; соотвѣтствующіе этимъ числамъ горизонтальные ряды фигуръ изображаютъ видъ кривыхъ въ зависимости отъ разности фазъ, при одинаковыхъ



Фиг. 166. Свѣтовыя кривыя, получаемыя способомъ дрожащихъ камертоновъ Лиссажу.

періодахъ, у взятыхъ камертоновъ. Первая кривая—наипростѣйшая; это—наклоненная подъ угломъ 45° прямая, которую чертитъ на экранѣ свѣтлая точка Р въ томъ случаѣ, когда камертоны колеблются въ унисонъ, другими словами, когда періоды ихъ колебаній одинаковы, а разность фазъ равна нулю, т.-е. оба камертона выведены изъ положенія равновѣсія въ одинъ и тотъ же моментъ.

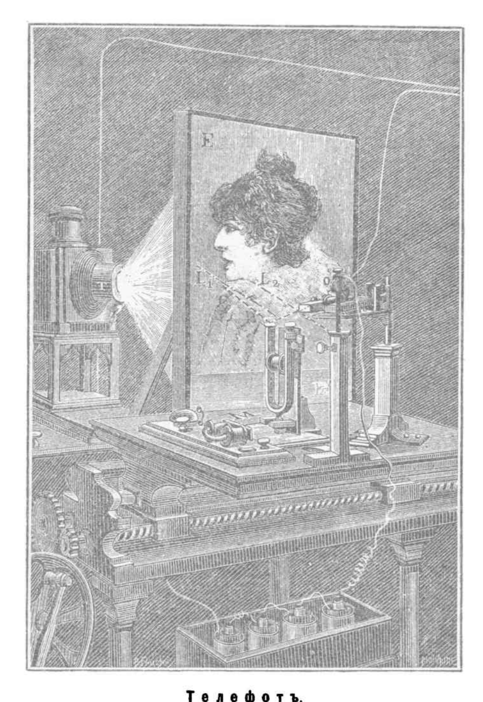
Прежде чѣмъ перейти къ окончательной формѣ **телефота**, необходимо сдѣлать еще одно замѣчаніе, весьма важное по отношенію къ нижеописываемому, по идеѣ Веллье, методу *передачи и воспроизведенія изображеній*. При дрожаніи нашихъ камертоновъ (*фиг.* 165), въ нѣкоторый моментъ, свѣтлая точка на экранѣ Е находится, положимъ, въ Р на производимой ею кривой, и точка эта получается отъ луча L$m_2 m_1$Р. Теперь перемѣстимъ источникъ свѣта въ Р, а на мѣсто источника свѣта L поставимъ небольшой экранъ X. Тогда увидимъ, что

на экранѣ тотчасъ же появится свѣтлая точка въ O, какъ разъ тамъ, гдѣ предъ тѣмъ помѣщался источникъ свѣта (лампа): произойдетъ это въ силу закона оборотности направленій свѣта, указаннаго на стр. 115. Такъ будетъ въ любой моментъ во время опыта, т.-е. при всякой точкѣ на кривой C. Такимъ образомъ, если кривая будетъ какимъ-либо путемъ поддерживаться въ видѣ свѣтовой линіи, то, не смотря на дрожаніе камертоновъ, будемъ видѣть въ O неподвижную свѣтлую точку; но такъ какъ эта точка въ различные моменты получается отъ лучей, выходящихъ изъ различныхъ точекъ на свѣтовой кривой C, то въ данный моментъ яркость этой неподвижной точки будетъ пропорціональна яркости производящей ее точки P; болѣе того: если даже экранъ E освѣщается по всей своей поверхности, то, все-таки, одни только точки, лежащія на кривой C, будутъ давать свѣтлую точку въ O; стало быть, наша пара камертоновъ избираетъ единственно свѣтлыя точки на кривой C для послѣдовательной передачи ихъ всѣхъ въ O въ теченіе весьма короткаго промежутка времени.

Если изъ двухъ какихъ-нибудь точекъ на кривой, напр., P_1 и P_2, первая гораздо свѣтлѣе второй, то точка O будетъ дѣлаться весьма свѣтлой въ случаѣ образованія лучами, вышедшими изъ P_1, и, наоборотъ, затемняться въ моментъ образованія лучами вышедшими изъ P_2. Понятно, какъ пара колеблющихся на камертонахъ зеркалъ будетъ послѣдовательно отражать въ точку O лучи, испускаемые точками P_1 и P_2. Вмѣсто кривой произведемъ прямую линію, соотвѣтствующую движенію двухъ камертоновъ, какая показана на первой фигурѣ Лиссажу. Пусть это будетъ прямая L_1. Если на экранѣ E (*фиг.* 167) помощью пролагающаго инструмента проектируется изображеніе какого-нибудь лица, то однѣ лишь свѣтлыя точки, лежащія на прямой L_1, будутъ отражаться въ O. Если оба дрожащихъ камертона расположить на одной подставкѣ M и сообщить послѣдней весьма медленное поступательное движеніе послѣ полной развѣдки линіи L_1, то послѣдовательное освѣщеніе точки O будетъ уже производиться—при каждомъ данномъ положеніи подставки—какой-нибудь смежной линіей L_2; слѣдовательно, сообщая подставкѣ соотвѣтствующее движеніе, можно передавать въ неподвижную точку O свѣтъ, испускаемый множествомъ точекъ, принадлежащихъ къ области проектируемаго на экранъ E изображенія. Какъ разъ въ O помѣщается чувствительная селеновая пластинка, проходимая электрическимъ токомъ. Мы знаемъ, что токъ станетъ измѣняться—усиливаться при болѣе яркомъ свѣтѣ, падающемъ на селенъ, и ослабляться въ противномъ случаѣ; слѣдовательно, принимая эти колебанія тока въ телефонъ, получимъ *звуковое изображеніе* нашего *свѣтового*. Если теперь обратить телефонъ въ манометрическую капсулу, какъ объяснено выше, то пламя послѣдней будетъ принимать различную яркость, измѣняющуюся въ соотвѣтствіи съ яркостью точки O, а значитъ—съ яркостью развѣдываемаго изображенія. Тогда остается только расположить на экранѣ пріемной станціи пламена различной яркости въ такомъ же точно порядкѣ, какъ въ передаваемомъ изображеніи; для этого возьмемъ еще одну пару тождественныхъ съ предъидущими камертоновъ, снабженныхъ зеркалами, и утвержденныхъ вмѣстѣ съ телефономъ на одной подставкѣ; этой послѣдней сообщимъ такое движеніе, которое во всякій моментъ было бы тождественно съ движеніемъ подставки на передаточной станціи. Въ то время, какъ передаточныя камертоны развѣдываютъ точки изображенія, расположенныя на линіи L_1,—линіи, играющей роль источника свѣта,—свѣтлая точка, произведенная пламенемъ телефона R, посылаетъ къ пріемнымъ телефонамъ лучъ, описывающій на экранѣ пріемной станціи такую же линію L'_1, представляющую въ соотвѣтственныхъ точкахъ ту же яркость, что и точки, лежащія на линіи L_1 передаточной станціи. (Пламя у телефона здѣсь исполняетъ роль источника свѣта, служившаго намъ для полученія фигуръ Лиссажу). Когда передаточный аппаратъ будетъ развѣдывать линію L_2, то въ пріемномъ опишется на экранѣ соотвѣтствующая ей линія L'_2, что приложимо ко всѣмъ развѣдываемымъ линіямъ. Такимъ образомъ, развѣдываемыя линіи L_1, L_2 и т. д. передадутъ свои слѣды,

имѣющіе соотвѣтствующія яркости, на экранъ пріемной станціи — въ такомъ количествѣ и въ теченіе столь малаго промежутка времени, что возможно будетъ увидѣть *ясный и цѣльный образъ того, что требовалось передать*. Этимъ-то путемъ (*фиг.* 168) произведена передача изображенія человѣческой фигуры, проектированнаго на экранѣ помощью чечевицы и пучка лучей отъ электрической лампы.

Если камертоны дѣлаютъ, напр., 1600 колебаній въ секунду, то какая-нибудь линія L_1 будетъ развѣдана въ теченіе весьма короткаго промежутка, равнаго одной 1600-й долѣ секунды, и такъ какъ все изображеніе должно быть развѣдано приблизительно въ $1/8$ секунды для того, чтобы глазъ получилъ цѣльное впечатлѣніе изображенія,—въ силу способности сѣтчатки сохранять въ те-



Телефотъ.

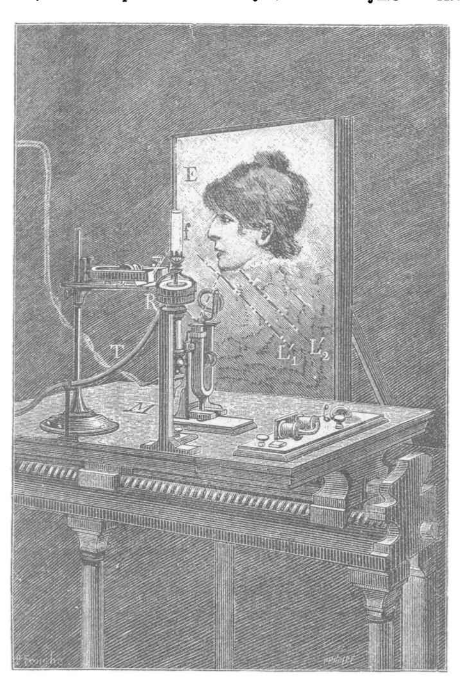
Фиг. 167.—Передаточный аппаратъ: отправленіе изображенія.

ченіе нѣкотораго времени произведенныя на нее свѣтовыя впечатлѣнія, — то полезныхъ развѣдочныхъ линій будетъ только 2000. Такого числа ихъ будетъ уже достаточно для произведенія сходства съ изображеніемъ: развѣ искусный художникъ не набросаетъ сходнаго портрета нѣсколькими штрихами? Но если требуется большее число линій, то можно взять камертоны съ болѣе быстрымъ дрожаніемъ. Правда, что развѣдываемыя линіи будутъ тогда гораздо короче, такъ какъ камертоны, находящіеся въ столь быстромъ колебаніи, имѣютъ уже чрезвычайно малый размахъ. Изъ этого слѣдуетъ, что для развѣдки изображенія, имѣющаго значительные размѣры, этому изображенію необходимо помощью чечевицъ предварительно придать на передаточной станціи желаемую, соотвѣтствующую данной цѣли, малую величину.

На пріемной станціи подобная же система чечевицъ будетъ дѣйствовать обратнымъ образомъ—увеличивать полученное маленькое изображеніе до его настоящей величины. Поставленная задача будетъ, слѣдовательно, разрѣшена, трудности преодолѣны: мы будемъ одновременно видѣть и слышать!

Телефотъ, въ томъ видѣ, какъ мы только-что описали и устроили его, воспользовавшись опытами Лиссажу, манометрической капсулой Кёнига, селеномъ—по идеѣ Санлека—и телефономъ съ манометрическимъ пламенемъ — по идеѣ Лазàра Веллье,—по истинѣ кажется рожденнымъ въ области гипотезъ. Однако-же, все заставляетъ думать, что его практическое осуществленіе уже близко. Переходъ отъ теоріи къ практикѣ—не болѣе какъ вопросъ времени, и притомъ весьма короткаго, потому что, какъ мы старались показать, принципъ телефота, въ избранномъ нами порядкѣ идей, — въ настоящее время уже найденъ.

Такимъ образомъ, ничто не будетъ препятствовать видѣнію на разстояніи,—на любомъ разстояніи на поверхности нашей планеты. Ничто,—и менѣе всего всего шарообразная форма земли, — не будетъ вставать преградою между нашимъ глазомъ и тѣми, которыхъ мы захотимъ видѣть *). Мы будемъ имѣть нетолько возможность бесѣдовать съ нашими путешествующими друзьями, даже очутившимися на противоположномъ пунктѣ земли, сдѣлавшимися нашими антиподами, но и счастье видѣть ихъ. Мы будемъ наблюдать ихъ жесты, выраженіе лицъ, уста въ тотъ самый моментъ, когда слова, вышедшія изъ этихъ устъ, будутъ касаться нашего уха. Тотъ день, въ который созданъ будетъ *телефотъ*, будетъ днемъ новаго чуда, которое присоединится къ чудесамъ сохра-

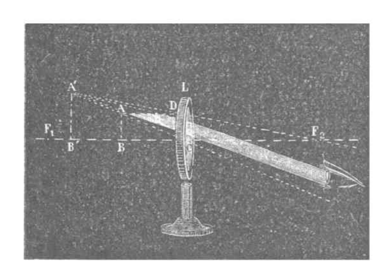


Телефотъ.
Фиг. 168.—Пріемный аппаратъ: полученіе изображенія.

*) Въ виду сказаннаго, интересно замѣтить мнѣніе Эдиссона по вопросу о телефотѣ, высказанное въ бесѣдѣ съ однимъ изъ редакторовъ *Нью-Іоркскаго Вѣстника*, 15-го августа 1889 г. „Я работаю,—сказалъ Эдиссонъ,—надъ такимъ изобрѣтеніемъ, которое позволяло бы человѣку, живущему, напр., въ Уолль-стритѣ, не только телефонировать пріятелю, живущему въ Централь-Паркѣ (въ другомъ концѣ города), но и видѣть его во время разговора по телефону. Я надѣюсь на скорое осуществленіе этого изобрѣтенія, которое несомнѣнно будетъ практически полезнымъ. Первымъ моимъ дѣломъ по возвращеніи въ Америку будетъ соединеніе помощью такого приспособленія моей лабораторіи съ телефонными мастерскими. Благопріятные результаты есть уже и сейчасъ: именно я воспроизвожу изображенія на этомъ разстояніи, составляющемъ всего лишь около тысячи футовъ. Но *мечтать видѣть, находясь въ Нью-Іоркѣ, кого-нибудь, находящагося въ Парижѣ, конечно, смѣшно: помимо другихъ трудностей, уже одна шарообразная форма земли дѣлаетъ это невозможнымъ*."

ненія и передачи человѣческой рѣчи. То будетъ удивительное открытіе, которое явится вѣнцомъ благодѣтельныхъ завоеваній науки нашего вѣка въ блестящемъ апоѳеозѣ,—апоѳеозѣ, блескъ котораго, по закону прогресса, быть можетъ, поблѣднѣетъ уже предъ первыми лучами таинственной зари двадцатаго вѣка!

Мы видѣли, что ухо, не смотря на крайнюю свою чувствительность, не можетъ воспринимать слишкомъ слабыхъ звуковъ. Однако-же, прибѣгая къ извѣстнымъ приспособленіямъ, нерѣдко удается сдѣлать ощущаемымъ такой звукъ, который при обыкновенныхъ условіяхъ ускользаетъ отъ насъ. Если, напр., приведемъ въ дрожаніе камертонъ, держа его ножку къ рукѣ, то на извѣстномъ разстояніи гудѣніе его будетъ слышно въ теченіе нѣкотораго, въ различныхъ случаяхъ различнаго, времени, по прошествіи котораго оно прекратится. Изъ этого, однако, вовсе не слѣдуетъ заключать, что съ указаннаго момента камертонъ дѣйствительно находится въ покоѣ, что онъ не колеблется. Напротивъ, заставляя ножку касаться дощечки, стола, или, лучше, наполненной воздухомъ коробочки соотвѣтствующаго объема, мы вновь услышимъ звукъ камертона. Этотъ фактъ объясняется тѣмъ, что колебанія камертона передаются молекуламъ дощечки, стола или коробочки, въ свою очередь приводящимъ воздухъ въ дрожаніе, которое уже воспринимается ухомъ. Но это имѣетъ и свою дурную сторону. Для того, чтобы быть слышнымъ, камертонъ долженъ периводить въ дрожаніе подставку, на что весьма быстро истрачиваетъ остатокъ сообщеннаго ему движенія, котораго хватило бы на поддержаніе его колебанія въ теченіе относительно долгаго времени, еслибы только продолжали держать его въ рукѣ. По аналогичной причинѣ, когда муха находится на дощечкѣ Юзова микрофона, въ пріемномъ телефонѣ слышно не только ея передвиженіе, но и предсмертный крикъ. Благодаря микрофону, наше ухо получаетъ возможность воспринимать безконечное множество крайне слабыхъ звуковъ, слышать голоса такихъ существъ, которыя, безъ его помощи, намъ предстояло бы вѣчно считать безгласными.



Фиг. 169.—Лупа.

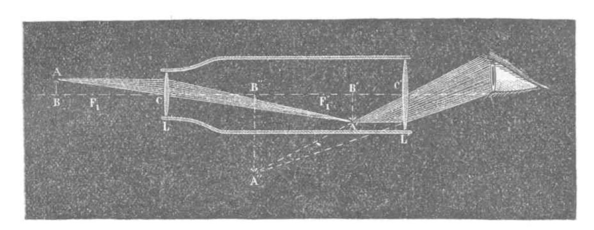
Но, подобно уху, и простой глазъ нашъ является весьма несовершеннымъ,—міръ, доступныхъ ему явленій, весьма ограниченнымъ. Мы уже знаемъ, какимъ образомъ помощью телескопа мы произвольно расширяемъ предѣлы нашего зрѣнія — получаемъ возможность наблюдать удаленные предметы, которыхъ за громадной далью часто вовсе не видимъ; мы также видѣли, какъ предстоящее изобрѣтеніе телефота сдѣлаетъ окончательно безразличнымъ для нашихъ земныхъ сношеній и наблюденій всякое разстояніе.

Но разъ существуютъ звуки, настолько слабые, что они не доступны непосредственному воспринятію, то почему бы не быть, на весьма близкомъ отъ насъ разстояніи, и такимъ предметамъ, которыхъ мы не замѣчаемъ вслѣдствіе ихъ крайне ничтожной величины? А если таковые существуютъ, то нельзя-ли сдѣлать ихъ замѣтными для насъ помощью такого сочетанія чечевицъ, которое давало бы намъ во много разъ увеличенныя изображенія предметовъ?

Такое сочетаніе на дѣлѣ не трудно подыскать.

Возьмемъ по-просту собирательную чечевицу L (*фиг.* 169), съ главными фокусами въ F_1 и F_2, и предположимъ, что разсматриваемый предметъ AB помѣщается между фокусомъ F_1 и чечевицей. Спрашивается, гдѣ получится изображеніе предмета и какова будетъ его величина. Чтобы опредѣлить это, достаточно провести всего два луча: AC, который идетъ изъ A черезъ оптическій

центръ чечевицы L, и AD, падающій на чечевицу параллельно ея главной оптической оси F_1F_2, и потому принимающій, по выходѣ, направленіе DF_2, т.-е. проходящій чрезъ главный фокусъ F_2. Продолженіе лучей AC и DF_2 пересѣкаются въ A′. Слѣдовательно, изображеніе точки A получается въ A′, изображеніе предмета—въ A′B′. Изображеніе A′B′ мнимое, прямое и больше предмета AB.



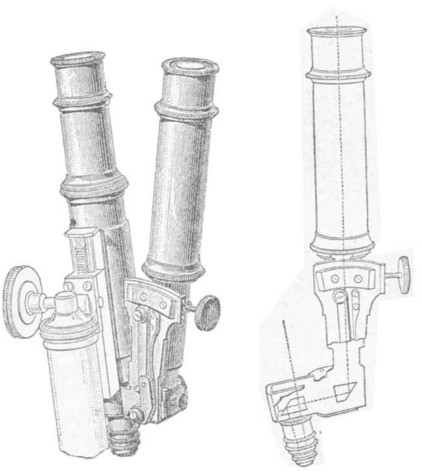
Фиг. 170.—Ходъ лучей въ сложномъ микроскопѣ.

Подобный снарядъ называютъ *микроскопомъ* *), вслѣдствіе того, что онъ представляетъ предметы въ увеличенномъ видѣ. Если длина изображенія въ тысячу разъ превосходитъ длину предмета, то говорятъ, что увеличеніе чечевицы L равно тысячѣ.

Такой микроскопъ—состоящій изъ одной чечевицы, часто называютъ *лупой*, а также Кеплеровымъ окуляромъ.

Лупа извѣстна съ давнихъ временъ. Римскій философъ Сенека говоритъ, что чрезъ стеклянный, наполненный водою, шаръ буквы кажутся больше и яснѣе, нежели при разсматриваніи ихъ простымъ глазомъ, а грекъ Аристофанъ, за 400 лѣтъ до Рождества Христова, говоритъ объ увеличительныхъ стеклахъ въ своей комедіи *Облака*.

Въ XVII столѣтіи лупу называли „стекломъ для блохъ". Геніальный Декартъ, предугадавшій, какія услуги будетъ нѣкогда оказывать это „стекло для блохъ", писалъ въ 1637 г.: „Помощью его можно будетъ видѣть форму и расположеніе весьма малыхъ частей, изъ которыхъ состоятъ животныя и растенія, а можетъ быть и другія окружающія насъ тѣла, получая такимъ путемъ полезныя свѣдѣнія о природѣ этихъ составныхъ частей".

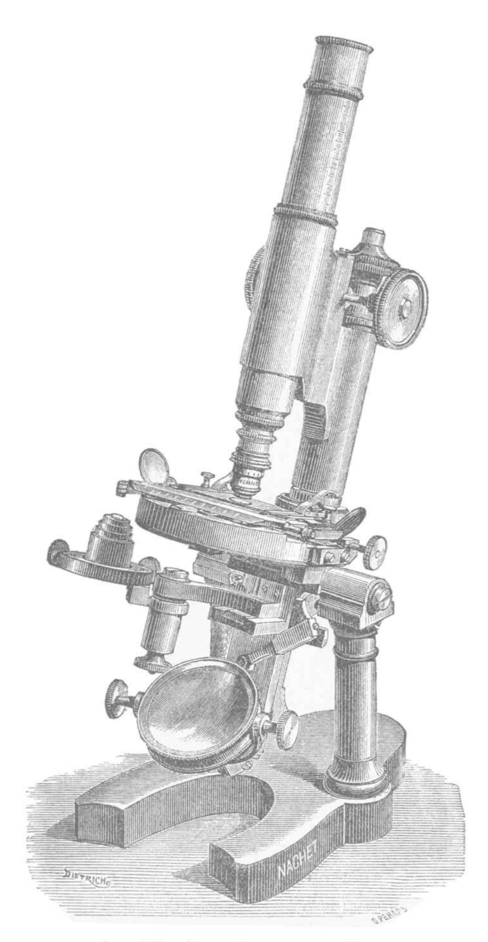


Фиг. 171.—Микроскопъ Нашэ съ двумя окулярами (бинокулярный). Продольный разрѣзъ.

Гюйгенсъ устраивалъ маленькія чечевицы и помѣщалъ ихъ между глазомъ и двумя тальковыми пластинками, между которыми заключался разсматриваемый предметъ. „Если такимъ образомъ,—говоритъ онъ,—разсматривать капельку во-

*) *Микроскопъ*, отъ греч. μικρός (микросъ)—*малый*, и σκοπέω (скопео)—*наблюдаю*.

ды, взятую изъ сосуда, въ которомъ въ теченіе двухъ или трехъ дней вымачивался перецъ, то она покажется прудомъ, въ которомъ плаваетъ безчисленное множество крошечныхъ рыбокъ" (*фиг.* 174). Сходное зрѣлище поражало и нюренбергскаго ученаго Цана, въ концѣ XVII. „Если,—говоритъ названный ученый,—между двумя стеклами помѣстимъ каплю воды со множествомъ живыхъ червячковъ, то насъ охватитъ радостное волненіе при видѣ удивительныхъ ползущихъ змѣй" (*фиг.* 174).



Фиг. 172.—Большой микроскопъ Нашэ.

Напомнимъ, что помощью телескопа мы стремились получить не такое изображеніе, которое было бы больше самаго предмета, а такое, которое лишь представляло бы предметъ въ бóльшемъ видѣ сравнительно съ величиной, видимой простымъ глазомъ.

Чѣмъ выпуклѣе стороны у лупы, тѣмъ послѣдняя сильнѣе, но только изображенія становятся менѣе ясными, въ виду чего, для полученія достаточно ясныхъ изображеній, слѣдуетъ пользоваться лишь центральною частью чечевицы.

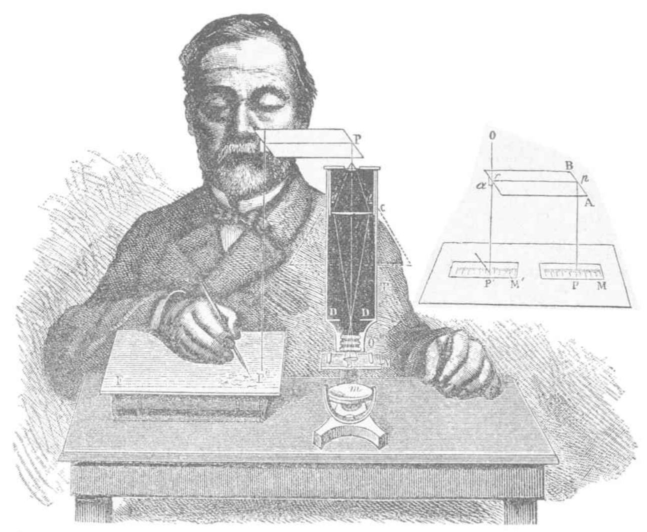
Помощью прибора, называемаго *сложнымъ микроскопомъ*, возможно получать гораздо болѣе значительное увеличеніе, нежели то, какое въ состояніи давать лупа. Сложный микроскопъ, какъ было сказано выше, изобрѣтенъ приблизительно въ одно время съ телескопомъ (1590 г.) и однимъ и тѣмъ же лицомъ, именно мидцельбургскимъ оптикомъ Захаріемъ Янсеномъ. Во Франціи, Англіи и Италіи онъ былъ распространенъ Корнеліемъ Дреббелемъ (или — по Пьеру Борелю, — Дребелемъ).

Въ принципѣ приборъ этотъ состоитъ (*фиг.* 170) изъ двухъ собирательныхъ чечевицъ L и L′, которыя называются *объективомъ* и *окуляромъ*, по той же причинѣ

какъ въ телескопѣ *). Если предметъ AB помѣщенъ за главнымъ фокусомъ F_1, но вблизи его, то объективъ L даетъ изображеніе A'B'—дѣйствительное, обратное и бо̀льшее предмета AB. Изображеніе это разсматриваютъ черезъ чечевицу L', дѣйствующую какъ лупа, т.-е. помѣщенную такъ, чтобы изображеніе A'B', даваемое объективомъ, приходилось между фокусомъ F_1' и чечевицей L'; тогда въ A''B'' получаютъ увеличенное и мнимое изображеніе перваго—A'B'.

Такъ какъ въ сложномъ микроскопѣ очевидно складываются вмѣстѣ увеличенія обѣихъ чечевицъ, то понятно, что такой приборъ долженъ дѣйствовать сильнѣе, нежели лупа, состоящая изъ одной только чечевицы.

На фигурѣ 173 представленъ въ разрѣзѣ *сложный микроскопъ* современнаго устройства. Объективъ O образуется системой изъ трехъ чечевицъ, отдѣльно



Фиг. 173.—Измѣреніе увеличенія и сниманіе копіи съ изображенія, видимаго чрезъ микроскопъ.

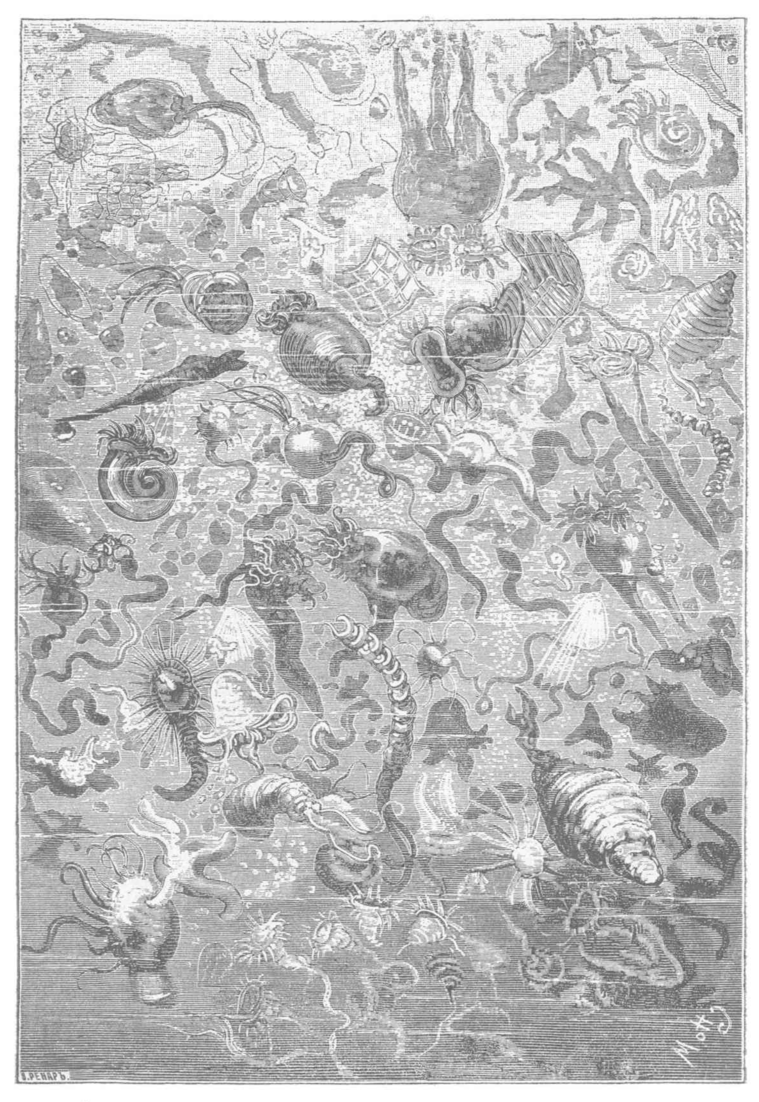
ахроматизованныхъ. DD—діафрагма, пропускающая только лучи, не слишкомъ наклоненные къ объективу. Окуляръ CC состоитъ изъ двухъ чечевицъ; это—уже описанный ранѣе окуляръ Гюйгенса. Онъ вмѣстѣ съ діафрагмой *dd* заключенъ въ трубку, могущую скользить въ главной трубкѣ T.

Подлежащій изученію предметъ помѣщается на такъ-называемомъ предметномъ *столикѣ* M и освѣщается—снизу рефлекторомъ *m*, въ томъ случаѣ, если онъ прозраченъ, или же сверху помощью чечевицъ, въ случаѣ непрозрачности.

Фигура 172 изображаетъ тотъ же приборъ, но со всѣми его второстепенными, частями; это — *большой микроскопъ Нашэ*. Часто микроскопъ бываетъ бинокулярнымъ, т.-е. снабженъ двумя окулярами—для обоихъ глазъ (*фиг.* 171).

Какимъ образомъ можно измѣрить степень увеличенія предмета микроскопомъ, а также срисовать наблюдаемый предметъ?—Для этой цѣли пользуются кускомъ стекла (форма его показана на фигурѣ 173), къ которому въ *a* прикрѣплена призмочка, тоже изъ стекла. Эта система имѣетъ такое свойство, что

*) Въ телескопахъ объективъ имѣетъ большіе, а окуляръ малые размѣры; въ микроскопахъ находимъ какъ разъ обратное.



Фиг. 174.—Обитатели капли испорченной воды, разсматриваемой подъ микроскопомъ.



Фиг. 178.—Механическая энергія: натянутый лукъ.

КНИГА ВТОРАЯ.

Электрическая энергія.

Глава I.

Энергія.

Механики, корифеи науки *механики* *), признали *матерію косною*, лишенною способности *самопроизвольно* измѣнять то состояніе, въ какомъ она находится въ данный моментъ. Еслибы, слѣдовательно, кромѣ *тѣлъ*, или *матеріальныхъ системъ* **), разсѣянныхъ въ пространствѣ, ничего болѣе не существовало, то вселенная представляла бы собой сплошное, безконечно громадное холодное мертвое тѣло. Но въ дѣйствительности вселенная одарена движеніемъ, жизнью, и этимъ движеніемъ, этой жизнью она обязана тому таинственному дѣятелю, который извѣстенъ подъ названіемъ *энергіи* ***).

Согласно воззрѣнію, господствующему въ современной физикѣ, владычество надъ міромъ раздѣляютъ между собою двѣ отличныя одна отъ другой сущности—*матерія* и *энергія*, причемъ главную роль играетъ *энергія*: отъ послѣдней исходитъ все, что дѣлается, что совершается въ природѣ. Но характеръ и размѣры ея дѣятельности представляютъ весьма большое разнообразіе. Въ однихъ случаяхъ, она съ поразительною деликатностью приводитъ въ дѣйствіе въ высшей степени нѣжныя части самыхъ крошечныхъ снарядовъ (чему мы видѣли примѣры); въ другихъ,—являя свое всемогущество, она съ бѣшеною яростью бушуетъ въ атмосферѣ, потрясаетъ землю и вздымаетъ на страшную высоту морскія волны,—словомъ, производитъ несказанныя разрушенія, такъ что древніе, приведенные въ содроганіе этими стихійными проявленіями *энергіи*, стали обоготворять отдѣльныя стихіи. Такимъ образомъ явились: громовержецъ Юпитеръ, богъ вѣтровъ—Эолъ, богъ яростно волновавшій моря—Нептунъ и др.

---

*) *Механика*, отъ греч. сл. μεκανή (механэ)—машина.

**) *Система*, отъ греч. сл. σύστημα (систэма)—собраніе; *матеріальная система* — собраніе матеріальныхъ частицъ.

***) *Энергія*, отъ греч. слова ἐνέργεια (энергейа)—дѣятельность.

Количество энергіи, собранной, скрытой въ различныхъ организованныхъ и неорганизованныхъ системахъ, безконечно различно. Что такое, въ самомъ дѣлѣ, энергія сырнаго клеща,—мельчайшаго изъ видимыхъ простымъ глазомъ животныхъ,—по сравненію съ энергіей льва, слона или кита,—а энергія этихъ послѣднихъ—по сравненію съ энергіей, обнаруживающейся въ буряхъ, вулканическихъ изверженіяхъ и землетрясеніяхъ? Наконецъ, вѣдь и только-что названная энергія—ничто въ сравненіи съ энергіей, которою земля и другія небесныя тѣла увлекаются въ своемъ вѣчномъ движеніи!

Представленіе объ *энергіи* отнюдь не отвлеченнѣе и не менѣе реально, чѣмъ представленіе о *матеріи*. Свойство, одинаково присущее имъ обѣимъ, именно *неразрушаемость*, доказываетъ существованіе первой въ такой же мѣрѣ, какъ второй. Геніальный химикъ Лавуазье однажды, въ порывѣ вдохновенія, сказалъ, что „въ природѣ ничто не теряется и ничто не создается вновь", и съ тѣхъ поръ все возрастающее число химическихъ измѣреній лишь подтверждаетъ справедливость этого простого, но величественнаго закона, разлитого во всѣхъ наблюдаемыхъ явленіяхъ. Дѣйствительно, опытъ убѣждаетъ насъ въ томъ, что мы не въ состояніи ни произвести, ни уничтожить и малѣйшаго количества *матеріи*,—но, съ другой стороны, физическія измѣренія учатъ, что то же самое относится и къ *энергіи*. Подобно *матеріи*, и энергія можетъ измѣнять свою форму, переходить изъ одной системы въ другую, но то, что, повидимому, исчезаетъ въ одномъ мѣстѣ, тотчасъ появляется въ другомъ. Ни разрушить, ни создать вновь даже и ничтожнѣйшей частички *матеріи* или *энергіи* невозможно. **Сохраненіе матеріи и сохраненіе энергіи**—вотъ тѣ два светоча, которыми озаряются современныя физическія изслѣдованія и размышленія.

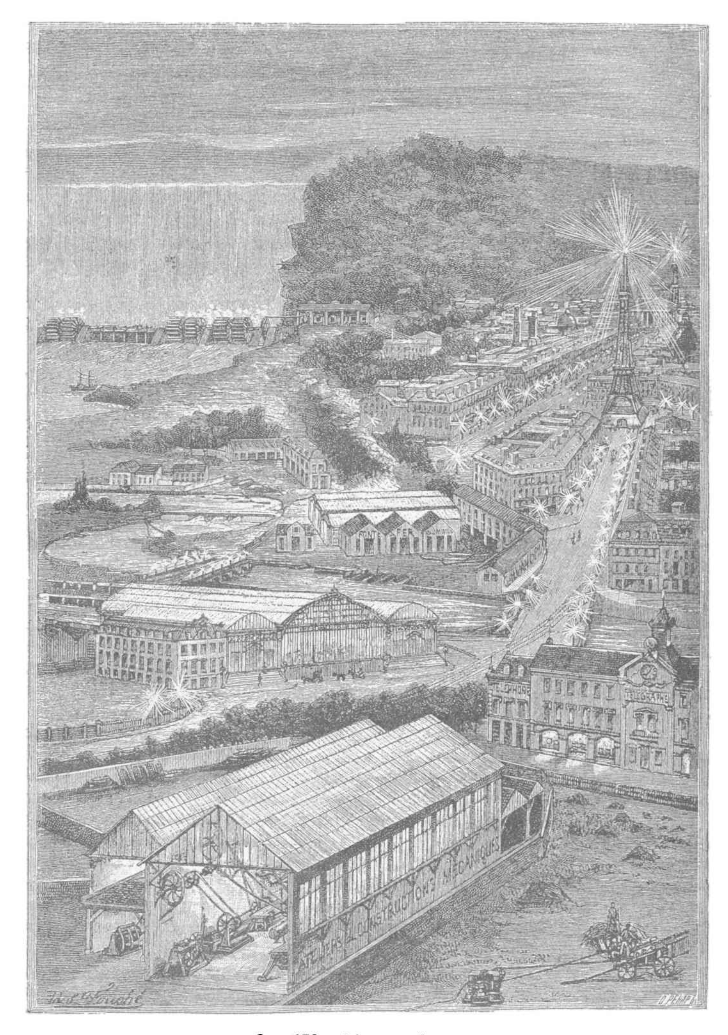
Человѣкъ искони стремился подчинять своимъ цѣлямъ, пользоваться для удовлетворенія своихъ потребностей разлитой вокругъ него энергій; старался, для увеличенія собственной своей энергіи, заимствовать таковую у различныхъ природныхъ системъ. На какъ овладѣть этой энергіей? Какъ получить ее, а затѣмъ дать ей желаемое приложеніе—извлечь изъ нея потребную работу?

Сначала сдѣлаемъ обозрѣніе,—мы можемъ сдѣлать это не безъ нѣкоторой гордости,—того могущества, какимъ мы уже обладаемъ въ настоящее время. Посмотримъ на *образцовый городъ*, представленный на фигурѣ 179.

Далекій отъ города водопадъ, силою паденія воды на лопатки многочисленныхъ огромныхъ колесъ, приводитъ эти послѣднія во вращательное движеніе, которое передается индукціоннымъ машинамъ, помѣщеннымъ подъ навѣсомъ, справа отъ колесъ; такимъ путемъ энергія движенія воды превращается въ электрическую энергію; послѣдняя, по сѣти воздушныхъ и подземныхъ проволокъ, передается въ соотвѣтствующіе пункты, гдѣ и утилизируется, смотря по цѣли: одна часть ея превращается въ свѣтъ—для освѣщенія города, другая—въ теплоту, употребляемую на металлургическихъ заводахъ (для обработки чугуна, желѣза, алюминія), третья—служитъ телеграфу и телефону, четвертою пользуются въ гальванопластическихъ заведеніяхъ; далѣе, эта энергія является рабочей силой въ механическихъ мастерскихъ, двигателемъ желѣзнодорожныхъ поѣздовъ, трамваевъ, молотильныхъ машинъ и т. д., и т. д. *). Словомъ, эта энергія находитъ всевозможныя приложенія.

Какъ видно изъ только-что сказаннаго, могущество человѣка достигло уже значительной степени. Долгое время онъ вынужденъ былъ, для удовлетворенія своихъ нуждъ, довольствоваться своей собственной энергіей и энергіей немногихъ домашнихъ животныхъ; но благодаря неустанной работѣ своего пытливаго ума, онъ въ настоящее время обладаетъ умѣніемъ брать у природы недостающую ему энергію.

*) Мы здѣсь имѣемъ въ виду „электрическій городъ", т. е. городъ Скрэнтонъ, близъ Филадельфіи, который, существуя всего тридцать три года, насчитываетъ уже 90000 тыс. жителей. Въ названномъ городѣ электричествомъ не только освѣщаются улицы, не только приводятся въ дѣйствіе почти всѣ машины, но и приводятся въ движеніе всѣ общественные экипажи.



Фиг. 179.—Образцовый городъ.
Энергіи: электрическая, тепловая и свѣтовая, доставляемыя энергіей водопада.

Но что же такое *энергія?*

При настоящемъ состояніи нашихъ знаній, нѣтъ возможности опредѣлить *сущность* энергіи точно такъ же, какъ нельзя опредѣлить сущность матеріи,— и это обстоятельство должно особенно умалять нашу гордость. Нашему наблюденію доступны только разнообразныя *проявленія* энергіи, или формы, въ какихъ она воздѣйствуетъ на наши органы чувствъ; мы, такъ сказать, видимъ и разбираемъ чудесныя превращенія волшебника, но самъ волшебникъ намъ пока невидимъ.

Единственное, что мы можемъ сказать, это то, что *носитель всѣхъ явленій есть матерія, а причиною ихъ служитъ перемѣщеніе или превращеніе энергіи*. Въ основу группировки явленій положены производимыя ими на насъ впечатлѣнія; такъ, мы различаемъ механическія, электрическія, тепловыя и свѣтовыя явленія. Тотъ же принципъ естественно распространенъ и на соотвѣтствующія формы энергіи; поэтому въ настоящее время говорятъ о механической, электрической, тепловой и свѣтовой энергіи. Изученіе всѣхъ названныхъ формъ энергіи самихъ по себѣ и ихъ взаимныхъ соотношеній составляетъ предметъ физики.

Теперь скажемъ, что именно разумѣютъ подъ *механической энергіей*. Вотъ лукъ съ натянутой тетивой (*фиг.* 178); въ немъ не замѣтно никакого движенія, но въ лукѣ, въ этой системѣ есть нѣчто такое, что рвется дѣйствовать и что тотчасъ придетъ въ дѣйствіе, лишь только тетива будетъ отпущена: тогда стрѣла отлетитъ далеко, а тетива придетъ въ свое нормальное состояніе. Это выражаютъ, говоря, что натянутый лукъ, хотя и находится въ неподвижномъ состояніи, заключаетъ въ себѣ скрытую отъ насъ механическую энергію. Въ этомъ состояніи энергія называется *потенціальной* *); это *запасная, спящая* энергія.

Согнутая пружина точно также обладаетъ *потенціальной энергіей*, такъ какъ по освобожденіи ея отъ давленія, она способна поднять положенное на нее тѣло. Такую же систему образуетъ земля вмѣстѣ съ поднятымъ на нѣкоторую высоту покоющимся тѣломъ, напр., подвѣшеннымъ на нити: достаточно перерѣзать нить для того, чтобы тѣло тотчасъ же пришло въ движеніе, устремилось къ землѣ. Таковы примѣры, показывающіе, что *потенціальная*, или *скрытая энергія*, истрачиваясь, въ то же самое время сообщаетъ движеніе матеріи.

Замѣтимъ, что *потенціальная энергія* названныхъ системъ зависитъ отъ формы послѣднихъ, ихъ конфигураціи, положенія; такъ, чѣмъ болѣе согнута пружина или натянутъ лукъ, чѣмъ выше отъ земли поднято тѣло, тѣмъ энергія этихъ системъ значительнѣе; по этой причинѣ потенціальную энергію часто также называютъ *энергіей положенія*.

Движущееся тѣло также представляетъ собой источникъ энергіи, такъ какъ встрѣчая на своемъ пути другія тѣла, оно способно привести въ движеніе и эти послѣднія: такъ, одинъ билліардный шаръ, ударившись о другой, заставляетъ его покатиться, причемъ замѣтнымъ образомъ замедляется его собственный ходъ. Тотъ видъ энергіи, какимъ обладаетъ тѣло единственно благодаря тому, что оно находится въ движеніи, называется *кинетической* **) или *дѣйствительной энергіей*, а также *живою силою*. Движеніе можетъ быть почерпаемо какъ изъ *потенціальной*, такъ равно и изъ *дѣйствительной* энергіи матеріальной системы. Сумма обѣихъ формъ энергіи составляетъ полную *механическую* энергію системы.

Спрашивается теперь: дѣйствительно ли эти двѣ энергіи—*потенціальная* и *дѣйствительная* — представляютъ собою двѣ различныя формы?—Морисъ Леви думаетъ, что „при настоящемъ состояніи науки было бы безумно пытаться разрѣшить этотъ вопросъ; быть можетъ, наступитъ день, когда всѣ механическія явленія можно будетъ объяснять простыми превращеніями движенія, совершающимися при посредствѣ эфира, какъ вещества связующаго между собою всѣ тѣла въ при-

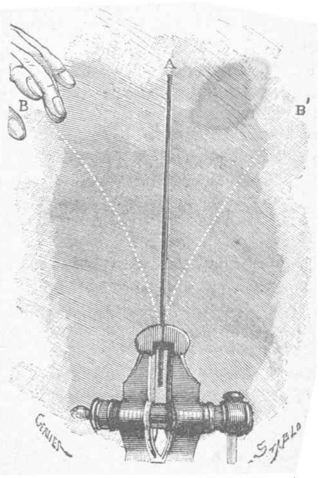
*) Отъ лат. сл. *potentia*—сила. *Потенціальная*, или *возможная энергія есть способность покоющагося тѣла совершить работу.*

**) *Кинетическій*, отъ греч. κίνημα (кинема)—*движеніе*.

родѣ; тогда, конечно, представленіе *о потенціальной энергіи* должно будетъ исчезнуть изъ науки; но до тѣхъ поръ считаться съ обоими видами энергіи совершенно необходимо!"

Посмотримъ, на классическомъ примѣрѣ, какимъ образомъ *потенціальная* и *кинетическая энергія* переходятъ одна въ другую наилегчайшимъ путемъ.

Упругая пластинка А на одномъ концѣ зажата въ тиски (*фиг.* 180). Въ этомъ *положеніи,* если разсматривать ее независимо отъ всѣхъ остальныхъ тѣлъ, она, можно сказать, не обладаетъ потенціальной энергіей; то же самое будетъ всякій разъ, когда она займетъ указанное *положеніе.* Но какъ скоро она перейдетъ въ положеніе В, первоначальная форма ея будетъ нарушена, *положеніе* ея измѣнится, и вслѣдствіе этого она будетъ обладать потенціальной энергіей, которая будетъ тѣмъ значительнѣе, чѣмъ больше измѣнится форма. Если теперь предоставить пластинку самой себѣ, она будетъ стремиться принять свою нормальную конфигурацію А, утрачивая ту потенціальную энергію, которая обусловливается нарушеніемъ формы матеріальной системы; но по мѣрѣ того, какъ упругая пластинка, покинувъ положеніе В, приближается къ А, т.-е. *растрачиваетъ ранѣе пріобрѣтенную потенціальную энергію,—появляется дѣйствительная энергія;* послѣдняя равнялась нулю, когда пластинка покоилась въ В, и постоянно и замѣтно возрастала до А; такъ дѣйствительная энергія заступаетъ мѣсто потенціальной. Затѣмъ пластинка, перешедши положеніе А, двигается вправо отъ А, все болѣе измѣняясь въ формѣ до В′, причемъ движеніе замѣтно ослабляется отъ А до В′, такъ что пластинка, наконецъ, останавливается въ В′ для того, чтобы тотчасъ же вновь отойти влѣво: *отъ А до В′ дѣйствительная энергія все болѣе и болѣе переходила въ скрытое состояніе, въ потенціальную энергію.* Описанныя явленія будутъ повторяться неограниченно долгое время.



Фиг. 180.—Взаимныя превращенія потенціальной и кинетической энергій.

Такія превращенія встрѣчаются въ природѣ на каждомъ шагу. Потенціальная энергія, *зависящая отъ положенія* снѣговъ на вершинахъ горъ, достигаетъ огромной величины: всѣмъ извѣстна ужасающая сила, пріобрѣтаемая лавинами, когда, при паденіи ихъ съ большой высоты, ихъ потенціальная энергія превращается въ дѣйствительную. Вода, покоющаяся въ какомъ-нибудь высоко лежащемъ резервуарѣ, обладаетъ, благодаря своему положенію, значительною потенціальною энергіею, которая паденіемъ воды съ высоты обратится въ полезную для насъ дѣйствительную энергію: въ этомъ кроется тайна энергіи, которою обладаютъ рѣки и водопады. Потенціальная энергія постепенно превращается въ дѣйствительную, по мѣрѣ того какъ вода, покинувъ свое первоначальное положеніе, опускается все ниже и ниже.

Если разсматривать двѣ системы,—изъ которыхъ одну образуетъ пружина съ поддерживаемымъ ею тѣломъ, а другую — земля съ тѣмъ же тѣломъ, притягиваемымъ ею,— въ состояніи покоя, *равновѣсія,* то мы убѣдимся, что обѣ системы обладаютъ одинаковой склонностью къ взаимному сообщенію энергіи; другими словами, онѣ дѣйствуютъ одна на другую съ одинаковою *силою:* дѣйствіе равно противодѣйствію. Такимъ образомъ *силою* называютъ склонность къ сообщенію другъ другу своей энергіи, присущую двумъ связаннымъ между собою системамъ.

Общая окончательная участь всѣхъ разновидностей потенціальной энергіи, иначе энергіи положенія, — говоритъ Бальфуръ Стюартъ *), — это превращеніе въ дѣйствительную, иначе энергію движенія. „Первую можно сравнить съ капиталомъ, положеннымъ въ банкъ, вторую—съ предназначенной для текущихъ расходовъ, наличною суммою; въ случаѣ надобности, мы, конечно, можемъ взять сколько угодно и изъ денегъ, хранящихся въ банкѣ; точно такъ же можно воспользоваться, по желанію, дѣятельной энергіей или энергіей положенія. Но быть можетъ, еще лучше прибѣгнуть къ слѣдующему сравненію. Сравнимъ водяную мельницу съ вѣтряной; въ первомъ случаѣ мы можемъ открывать шлюзы когда намъ угодно, во второмъ—мы вынуждены дожидаться вѣтра (кинетической энергіи). Въ первомъ случаѣ мы независимы, какъ богачъ, во второмъ—зависимы, какъ бѣднякъ. Продолжая послѣднее сравненіе, скажемъ, что большой капиталистъ, или вообще человѣкъ, достигшій *высокаго положенія*, пользуется уваженіемъ вслѣдствіе того, что располагаетъ *большимъ количествомъ* энергіи; занимая тотъ или иной высокій постъ, онъ силенъ только своимъ правомъ распоряжаться работою другихъ. Когда богатый человѣкъ платитъ своему рабочему, онъ въ сущности лишь обращаетъ нѣкоторое количество своей потенціальной энергіи, или энергіи положенія, въ дѣйствительную, или энергію движенія, совершенно такъ, какъ мельникъ, выпускающій нѣкоторое количество воды изъ своего пруда для совершенія нѣкоторой работы“.

Мы пользуемся, однако, не только потенціальной или дѣйствительной энергіей системъ, обладающихъ непосредственно видимымъ движеніемъ, или такихъ, движеніе которыхъ можетъ быть обнаружено тѣмъ или инымъ приспособленіемъ, но и такими энергіями, которыхъ нельзя открыть ни по конфигураціи системы, ни при внимательномъ изслѣдованіи послѣдней. Пояснимъ это нѣкоторыми примѣрами. Положимъ 12 граммовъ **) угля въ чашечку С (*фиг.* 183), помѣщенную въ атмосферѣ кислорода. Полученная такимъ образомъ система не обнаруживаетъ никакой дѣятельности. Но если зажечь уголь, то онъ быстро сгоритъ съ яркимъ свѣтомъ, образовавъ новое вещество—углекислый газъ, или углекислоту. Произведя это сожиганіе въ сосудѣ, въ одной изъ камеръ котораго налита вода, т.-е. въ *калориметрѣ* ***), какъ показано на фигурѣ, убѣдимся въ томъ, что при этомъ отдѣляется столько тепла, сколько требуется для того, чтобы нагрѣть 1 килограммъ воды на 97 градусовъ Цельсія (97° Ц). Иначе выражаютъ это, говоря, что при этомъ образуется 97 *калорій*, называя калоріей количество теплоты, требующееся для того, чтобы нагрѣть 1 килограммъ воды на 1 градусъ Цельсія.

Эту-то именно теплоту, отдѣляющуюся при сгораніи угля, наши паровыя машины, какъ увидимъ далѣе, превращаютъ (правда, далеко не вполнѣ) въ кинетическую, или дѣйствительную энергію: ею именно вращаются колеса и приводятся въ движеніе различныя части этихъ машинъ. Каждая издерживаемая калорія производитъ 425 *килограмметровъ работы*, что соотвѣтствуетъ количеству энергіи, достаточному для поднятія 1 килограмма на высоту 425 метровъ ****).

При раствореніи металла, въ кислотѣ, напр., мѣди въ азотной кислотѣ также отдѣляется теплота. Вообще всѣ химическія реакціи сопровождаются обнаруженіемъ тепловой энергіи, которая весьма тщательно измѣряется современными изслѣдователями. Эта энергія изучается въ спеціальномъ отдѣлѣ химіи, называемомъ *термохиміей*.

Помимо описанныхъ системъ, существуютъ еще болѣе замѣчательныя, скрывающія въ себѣ огромную энергію. Это именно *взрывчатыя системы*, которымъ достаточно малѣйшаго толчка для произведенія ужасающаго механическаго дѣй-

*) *Сохраненіе энергіи.* — Бальфуръ Стюартъ — членъ лондонскаго Королевскаго Общества и профессоръ натуральной философіи (физики) въ Оуэновой коллегіи въ Манчестерѣ.

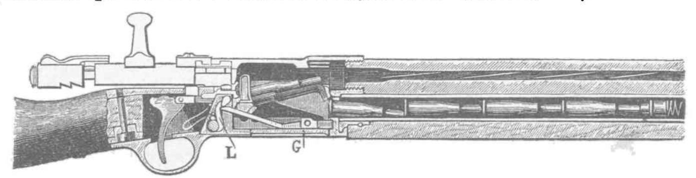
**) *Граммъ* есть вѣсъ кубическаго сантиметра чистой воды при 4° Ц. равенъ около 0,25 золотника. Тысяча граммовъ составляютъ одинъ *килограммъ* (около 2,5 фунта). Одна десятая часть грамма называется *дециграммомъ*, одна сотая—*сантиграммомъ*, а одна тысячная—*миллиграммомъ*.

***) Отъ лат. сл. calor (калоръ)—теплота и греч. μέτρον (метронъ)—мѣра.

****) 1 метръ=3,281 фут., или 1,406 арш. (около 0,5 сажени). 1 метръ=10 децим.=100 сантим.=1000 миллим.

ствія. Такими свойствами обладаютъ различныя сорта обыкновеннаго пороха *), хлопчатобумажный порохъ **), иногда называемый пироксилиномъ, динамитъ ***) и т. п. вещества, но болѣе всего—гремучая ртуть (иначе гремучертутная соль), примѣняющаяся при изготовленіи пистоновъ. Значеніе этихъ веществъ заключается какъ въ большомъ количествѣ присущей имъ энергіи, такъ и въ той легкости, съ какою послѣдняя освобождается ими.

Къ числу взрывчатыхъ системъ, придуманныхъ въ самое послѣднее время, принадлежитъ *бездымный порохъ*, полученный Віеллемъ. Этотъ именно порохъ употребляется *при изготовленіи патроновъ для ружья Лебеля* (*фиг.* 181) ****).



Фиг. 181.—Ружье Лебеля.
Продольный разрѣзъ: патронъ изъ направляющей трубки выталкивается въ казенную часть при закрытіи казеннаго винта.

Въ отставшей въ этомъ отношеніи Германіи въ настоящее время также изготовляется бездымный порохъ, употребляющійся для ружья „новаго образца (1888 г.)“ (*фиг.* 182) *****).

---

*) Различные сорта пороха представляютъ весьма различный составъ. Одни заключаютъ, въ различныхъ пропорціяхъ, селитру, сѣру и уголь,—это селитренный порохъ; въ другихъ къ названнымъ веществамъ прибавляется еще хлорновато-каліева (бертолетова) соль. Затѣмъ есть сорта, содержащіе одну изъ солей пикриновой кислоты, селитру и уголь. Пикриновая кислота (тринитрофенолъ) найдена Гаусманомъ въ 1788 г. Въ настоящее время ее получаютъ, обработывая слегка нагрѣтый фенолъ, полученный изъ каменноугольнаго масла, концентрированной азотной кислотой: образуется насыщенно-желтая тѣстообразная масса, растворяющаяся въ кипящей водѣ и по охлажденіи кристаллизующаяся въ видѣ свѣтложелтыхъ иглъ.

**) *Хлопчатобумажный порохъ* (гремучая вата, нитроклѣтчатка) впервые полученъ Шенбейномъ въ Базелѣ, въ 1845 г., путемъ обработки хлопчатой бумаги надлежащей смѣсью азотной и сѣрной кислотъ. Вначалѣ способъ приготовленія держался въ секретѣ, но вскорѣ онъ былъ найденъ различными химиками Англіи, Германіи и другихъ странъ. Вещество это, вполнѣ сохраняя видъ хлопчатой бумаги, пріобрѣтаетъ совсѣмъ иныя свойства. Отъ удара воспламеняется, сгораетъ быстро и безъ остатка.

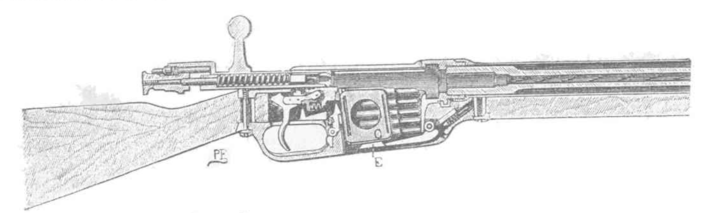
***) Такъ называются смѣси нитроглицерина съ пористыми веществами — углемъ, пескомъ, древесными опилками, хлопчатой бумагой и пр. Нитроглицеринъ полученъ А. Собреро въ пелузской лабораторіи. Въ 1860 г. шведскому инженеру Альфреду Нобелю удалось приготовить это столь опасное вещество въ большомъ количествѣ. Прибавляя къ глицерину, полученному изъ животныхъ жировъ, смѣсь азотной и сѣрной кислотъ, получаютъ желтую маслянистую жидкость, опускающуюся на дно сосуда; это и есть нитроглицеринъ.

****) Резервуаръ, или магазинъ у ружья Лебеля образуется трубкой, смежной съ трубкой ствола; патроны расположены въ магазинѣ въ рядъ, одинъ за другимъ; проволочная пружина толкаетъ ихъ назадъ, въ направляющую трубку, которая, поднимаясь, выпускаетъ ихъ изъ магазина въ казенную часть, по приведеніи въ движеніе казеннаго винта. Когда направляющая трубка поднимается, передъ очереднымъ патрономъ въ магазинѣ захлопывается задержка G. Наконецъ, для парализованія дѣйствія репетиціоннаго механизма служитъ рычагъ L. Когда этотъ послѣдній оттолкнутъ впередъ, направляющая трубка не опускается, и тогда ружье дѣйствуетъ, какъ одноударное, въ которомъ патроны вводятся въ казенную часть просто рукою. *Ружье Лебеля* безъ своей шпаги—штыка имѣетъ въ длину 1 метръ 307 милл., и вѣситъ пустое—4 килограмма 180 грам., а съ восемью патронами въ магазинѣ—4 кил. 415 гр.

*****) Новое *нѣмецкое ружье*, въ принципѣ, отличается отъ ружья Лебеля только тѣмъ, что оно — *заряжающееся* оружіе, между тѣмъ какъ французское есть *магазинное* ружье. Германія, въ виду того, что ея прежнее, репетиціонное ружье было магазинное, а ружье новаго образца—заряжающееся, считаетъ послѣднее лучшимъ. Въ новомъ ружьѣ патроны пакетиками изъ пяти штукъ укладываются въ зарядной коробкѣ C, расположенной въ особой камерѣ въ казенной части оружія. Подъемникъ E толкаетъ патроны снизу вверхъ; такимъ образомъ, до истощенія запаса на очереди всегда стоитъ наивысшій въ камерѣ патронъ. Опустѣвъ, зарядная коробка сама собою, въ силу собственной тяжести, падаетъ на землю, такъ что не приходится её вынимать. Пустое—ружье вѣситъ всего 3 килогр. 800 грамм.

Баллистическія свойства у обоихъ ружей почти одинаковы. Начальная скорость составляетъ 620 метровъ въ секунду, а максимальное разстояніе полета—3 километра 800 метровъ. На разстояніи ста метровъ пуля пробиваетъ еловое дерево на протяженіи 80, а песокъ—90 сант.; въ двухъ стахъ метрахъ—еловое дерево на протяженіи 45, а песокъ—50 сант.; наконецъ, въ восьми стахъ метрахъ она еще пробиваетъ ель на 5 сантим. Такъ велика энергія, сообщаемая пулѣ при взрывѣ нѣсколькихъ граммовъ пороха Віелля давленіемъ, производимымъ на нее образующимися пороховыми газами.

Аппаратовъ, помощью которыхъ опредѣляется величина механическаго дѣйствія, и въ частности—давленіе, развиваемое извѣстнымъ вѣсовымъ количествомъ взрывчатаго вещества, заключеннымъ въ пространствѣ извѣстнаго объема,—существуетъ большое множество. Мы въ нѣсколькихъ словахъ опишемъ, по Бер-



Фиг. 182.—Нѣмецкое ружье (новаго образца).
Продольный разрѣзъ: зарядная коробка уложена и казенный винтъ открытъ.

тело *), только аппаратъ, называемый *крошеромъ* **) (*фиг.* 183). Онъ состоитъ изъ стальной цилиндрической пробной мортирки, имѣющей 22 миллим. внутренняго діаметра и вмѣстимость въ 24,3 кубич. сантим. Вверху мортирка закрывается металлической пробкой, въ которой расположенъ *воспламеняющій механизмъ*.

Зарядъ, подвѣшенный въ срединѣ мортирки, помѣщается въ цилиндрическомъ патронѣ *g*, форма котораго повторяетъ внутреннюю форму мортирки. Черезъ зарядъ проходитъ проволока *ff*, которую, для произведенія взрыва, накаливаютъ до-красна, пропуская чрезъ нее электрическій токъ. *Крóшеръ*, въ тѣсномъ смыслѣ, примѣненный капитаномъ Ноблемъ въ Англіи, при опытахъ надъ сгораніемъ пороха, виденъ въ *ab*; онъ состоитъ изъ поршня изъ закаленной стали, могущаго двигаться съ легкимъ треніемъ въ каналѣ, сдѣланномъ въ серединѣ пробки, и мѣднаго цилиндрика *b*, вставленнаго между головкой поршня и пробкой, ввинченной въ дно аппарата.

Въ моментъ взрыва, поршень *a* отталкивается внизъ и болѣе или менѣе раздавливаетъ мѣдный цилиндрикъ *b*. Если аппаратъ предварительно былъ тарированъ, т.-е. если была опредѣлена величина раздавливанія такого мѣднаго цилиндра различными опредѣленными грузами, то на лицо будутъ всѣ данныя для опредѣленія давленія, развиваемаго даннымъ взрывчатымъ веществомъ. Энергія, сообщаемая выбрасываемому тѣлу, зависитъ, кромѣ давленія на него, и отъ быстроты развитія этого давленія.

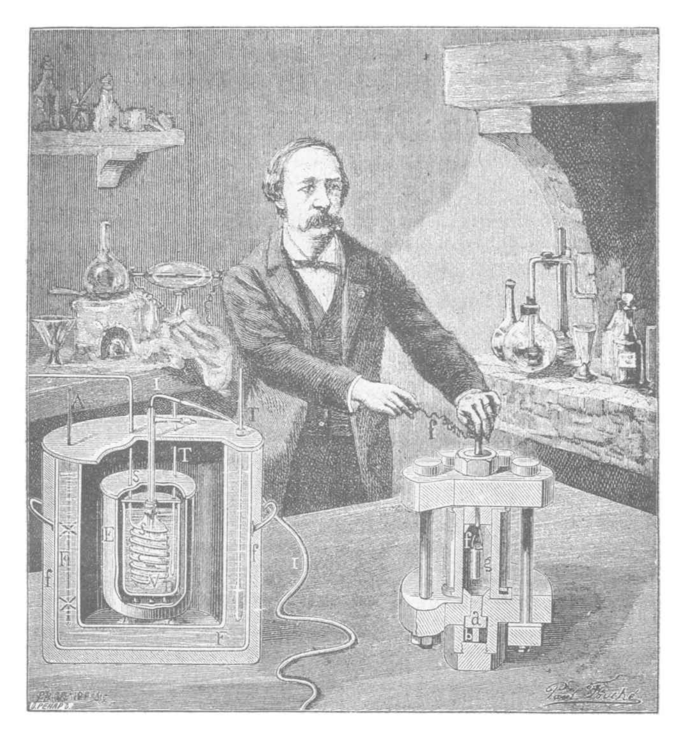
Наиболѣе значительное давленіе развивается гремучей ртутью ***). Взрывая

*) Пьеръ-Эжень-Марселэнъ Бертело, род. въ Парижѣ 27-го окт. 1827 г., знаменитый ученый и важный сановникъ. Изъ замѣчательныхъ трудовъ его укажемъ на слѣдующіе: *Руководство органической химіи*, *Сила пороха и взрывчатыхъ веществъ*, *Химическій синтезъ*, *Опытъ химической механики, основанной на термохиміи*, *Объ алхиміи* и *Наука и философія*.

**) *Крóшеръ*, отъ англ. слова *crush* (крошъ)—ударъ, треніе.

***) Для приготовленія *гремучей ртути* растворяютъ одну часть ртути въ двѣнадцати частяхъ азотной кислоты, къ раствору приливаютъ 11 частей 86-процентнаго спирта, затѣмъ нагрѣваютъ до кипѣнія въ песчаной банѣ. Какъ только начинается кипѣніе, прекращаютъ нагрѣваніе, и реакція продолжается сама собой. По окончаніи реакціи на дно сосуда выпадаетъ осадокъ гремучертутной соли. Осадокъ процѣживаніемъ собираютъ на фильтрѣ и промываютъ до тѣхъ поръ,

въ замкнутомъ пространствѣ объема, равнаго объему взятаго вещества, она производитъ давленіе, достигающее колоссальной цифры—*двадцати семи тысячъ килограммовъ на одинъ квадратный сантиметръ*, т.-е. стѣнки сосуда испытываютъ такое давленіе, какъ если бы каждый квадратный сантиметръ былъ обремененъ грузомъ въ 27000 килограммовъ.



Фиг. 183.—Тепловая энергія, развиваемая при сожиганіи угля.

D—платиновый калориметръ съ водой; E—посеребренный внѣшній сосудъ; F—двойной жестяной внѣшній сосудъ съ водой; *ff*—футляръ изъ толстаго войлока; V—камера для сожиганія—стеклянный сосудъ, въ который кислородъ приводится трубкой I; SS—змѣевидная стеклянная трубка (змѣевикъ), открывающаяся въ камеру V и выводящая газъ изъ камеры; A—мѣшалка; T—термометръ; C—чашка съ углемъ.

2. Опытъ Бертело съ крошеромъ: давленіе, развиваемое взрывчатымъ веществомъ.

Патронъ съ заключающимся въ немъ зарядомъ; *a*—поршень; *b*—мѣдный цилиндръ; *ff*—проволока для пропусканія тока въ патронъ.

Изъ приведенныхъ примѣровъ видно, что въ природѣ имѣются къ услугамъ промышленности безмѣрныя количества энергіи, пока не находящей себѣ

пока стекающая вода не перестанетъ обнаруж.ивать кислую реакцію. Гремучая соль представляется въ видѣ желтовато-бѣлыхъ кристалловъ; отъ нагрѣванія или удара взрываетъ съ ужасной силою; когда она высыхаетъ, съ ней очень трудно обращаться. Такъ какъ разложеніе гремучей ртути совершается мгновенно, то употреблять это вещество вмѣсто пороха для огнестрѣльнаго оружія невозможно: ни одно орудіе не выдержитъ взрыва,—пушка разорвется, а ядро не тронется съ мѣста.

приложенія, но долженствующей найти таковое въ болѣе или менѣе близкомъ будущемъ. Правда, уже и теперь отчасти утилизируется энергія вѣтровъ, рѣкъ и водопадовъ, а также энергія, развиваемая различными химическими реакціями, сгораніемъ нѣкоторыхъ веществъ, но все это ничто въ сравненіи съ тою энергіею, какую могли бы доставлять намъ дѣйствія различныхъ стихій,—движеніе волнъ, морскіе приливы и отливы, изверженія вулкановъ, землетрясенія и т. п.

Можно, впрочемъ, указать на примѣненіе *энергіи волнъ*, сдѣланное въ послѣднее время въ Ошенъ-Гровѣ, въ 83 верстахъ на югъ отъ Нью-Іорка (*фиг.* 184).

„Въ этой мѣстности*) силою волнъ воспользовались для поднятія морской воды въ резервуаръ водонапорной башни, откуда она распредѣлялась по сосѣдству для орошенія улицъ. Между устоями подвѣшенъ рядъ платформъ,—на фигурѣ особенно хорошо видна одна,—могущихъ вращаться на горизонтальной оси, расположенной въ верхней части платформъ. Длина у этихъ платформъ такова, что во время отлива онѣ погружаются въ море на $^1/_2$ метра, во время прилива — на 2,1 метра, а ширина около двухъ метровъ. При своемъ движеніи волны качаютъ эти платформы на поддерживающихъ ихъ осяхъ. Верхними своими частями платформы соединяются посредствомъ крѣпкихъ прутьевъ со стержнемъ поршня горизонтально расположеннаго насоса. Каждому движенію платформы соотвѣтствуетъ движеніе поршня, вгоняющаго нѣкоторое количество воды въ резервуаръ, помѣщающійся на верху башни вышиною въ двѣнадцать метровъ. Это сооруженіе вполнѣ удовлетворяетъ своему назначенію и въ спокойные дни“ **).

Сила волнъ бываетъ иногда колоссальна; по опытамъ инженера Стюэнсона, произведеннымъ на западномъ берегу Шотландіи, совершенно открытомъ для яростнаго нападенія волнъ Атлантическаго океана, среднее давленіе, производимое волной на 1 кв. футъ, равно 277 килограммамъ въ лѣтніе мѣсяцы и 946 килогр. въ теченіе шести зимнихъ мѣсяцевъ. Во время бури давленіе это доходитъ до 2759 килогр. Тотъ же изслѣдователь вычислилъ, что Белль-Рокскому маяку на Сѣверномъ морѣ однажды въ бурю пришлось выдерживать давленіе со сто-

---

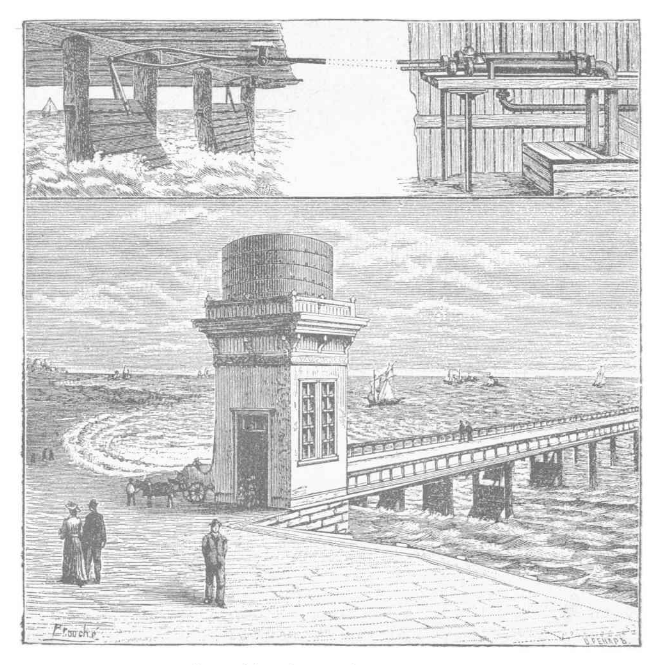
*) *Космосъ и природа*, октябрь и ноябрь 1889 г.

**) Въ сообщеніи, сдѣланномъ въ академіи наукъ (засѣданіе 12-го мая 1890 г.), Морисъ Леви описалъ придуманный инженеромъ путей сообщенія Декёромъ практичный способъ собиранія и передачи *энергіи морскихъ приливовъ и отливовъ*, состоящій въ особомъ расположеніи бассейновъ съ турбинами. По этому способу, турбины расположены въ поперечной стѣнѣ, которая отдѣляетъ одинъ отъ другого два бассейна, въ свою очередь отдѣленные отъ моря непотопляемою плотиною. Вода входитъ въ первый бассейнъ во время прилива черезъ отверстія въ плотинѣ, снабженныя клапанами, отрывающимися во внутрь. Она *безпрерывно* переходитъ изъ одного бассейна въ другой черезъ турбины, приводя въ движеніе эти послѣднія; движеніе же турбинъ утилизуется для той или иной цѣли; во время отлива вода выходитъ въ море изъ второго бассейна черезъ отверстія, снабженныя клапанами, открывающимися наружу. Средняя высота паденія могла бы достигать 2 метровъ при амплитудѣ колебанія уровня воды въ 3 метра; развиваемая при этомъ сила равнялась бы 3 лошадянымъ силамъ (паровымъ лошадямъ) на 1 гектаръ (1 гектаръ есть квадратная мѣра=десяти тысячамъ (100×100) кв. метр., или 0,915 десятины) площади плотины. Для средней амплитуды въ 5,5 метр. (какъ при устьѣ рѣки Сены) развиваемая сила равнялась бы 6 лошад. силамъ, что составляетъ ежегодную экономію въ 1200 франковъ. Лошадиная сила, т.-е. работа, равная 75 килограметрамъ въ 1 секунду, оцѣнивается въ 200 франк. въ годъ, что равно стоимости 10 тоннъ (1 тонна=1000 килограммамъ=около 61 пуд.) каменнаго угля, потребляемыхъ для произведенія такой работы въ теченіе года (1 тонна кам. угля стоитъ 20 франк.).

Описанная система приложенія силы приливовъ и отливовъ могла бы съ пользою примѣняться на берегахъ Ла-Манша, гдѣ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ размахъ колебанія уровня воды достигаетъ значительной величины, а также на устьяхъ рѣкъ, гдѣ возведеніе плотинъ создало бы постоянный фарватеръ и устранило бы песчаныя мели, препятствующія судоходству.

Для улучшенія навигаціи на судоходной Сенѣ было и существуетъ множество проектовъ. Сочетаніемъ этихъ проектовъ съ проектомъ утилизаціи приливовъ и отливовъ на устьѣ Сены экономно достигалась бы указанная двойная цѣль. Плотиною километровъ въ 25 длиною, между Танкарвиллемъ и Гавромъ, можно было бы отдѣлить отъ русла рѣки площадь въ 7000 гекторовъ, покрываемую водою только во время прилива. Пользуясь этой площадью, какъ источникомъ двигательной силы, можно было дѣлать сбереженіе въ 8 милліоновъ 400 тысячъ франковъ, что соотвѣтствуетъ работѣ въ 42 тысячи лошадиныхъ силъ. Указанная энергія, помощью извѣстныхъ пріемовъ передачи, весьма производительно могла бы быть распредѣляема по окрестностямъ Гавра и даже по самому Парижу.

роны бушующихъ волнъ въ 3000 килограм. на каждый квадратный футъ. Во время другой бури, изъ западнаго конца Плимутской плотины вырвало и отнесло на 45 метровъ каменную глыбу вѣсомъ въ 7000 килограммовъ Наконецъ, на Гебридскихъ островахъ одной только силою волнъ перенесло на нѣсколько метровъ глыбу вѣсомъ въ 42000 килограммовъ.



Фиг. 184.—Приложеніе энергіи волнъ.

Неудивительно, что утилизація природной энергіи до сихъ поръ пріобрѣла относительно весьма малое развитіе, если вспомнить, что первые паровые двигатели появились на нашихъ выставкахъ не далѣе какъ въ 1855 г.

Для подобной утилизаціи требуется умѣть въ каждомъ данномъ случаѣ собрать естественную энергію тамъ, гдѣ она обнаруживается, и безъ труда направить ее туда, гдѣ въ ней есть надобность, гдѣ ей предстоитъ то или иное превращеніе. Къ рѣшенію этой задачи послужитъ, а отчасти уже и теперь служитъ, наиболѣе любопытная форма энергія, именно **электрическая энергія**, которой сейчасъ и займемся.



Фиг. 185.—Отто Герике и первая электрическая машина съ тренiемъ. (Сѣрный шаръ).

Глава II.

Электрическая энергiя.

Подъ *электрическими явленiями* — результатомъ **электрической энергiи**, въ настоящее время разумѣютъ особую совокупность многочисленныхъ и крайне разнообразныхъ фактовъ, которую нѣтъ возможности опредѣлить въ нѣсколькихъ словахъ. Для полученiя точнаго представленiя о современномъ характерѣ *науки объ электричествѣ* необходимо разсмотрѣть эти факты въ цѣлесообразной послѣдовательности.

Исторiя первыхъ мучительныхъ шаговъ этой науки, яркимъ свѣтомъ озаряющая все грандiозное зданiе послѣдней, будетъ разсказана нами только въ самыхъ главныхъ чертахъ.

Древнѣйшее изъ интересующихъ насъ явленiй, именно—служащее къ *опредѣленiю* того, что слѣдуетъ понимать подъ *наэлектризованнымъ* тѣломъ, или тѣломъ, *заряженнымъ электричествомъ*, было извѣстно уже болѣе чѣмъ за шесть вѣковъ до Р. Х. Ѳалесъ Милетскiй, одинъ изъ семи греческихъ мудрецовъ, упоминаетъ о любопытномъ свойствѣ *янтаря* притягивать къ себѣ всякiя легкiя тѣла, помѣщенныя вблизи него. „Янтарь,—утверждаетъ философъ,—одаренъ душою и какъ бы дыханiемъ притягиваетъ къ себѣ легкiя тѣла". Плинiй, спустя шестьсотъ лѣтъ, прибавляетъ къ этому, „что для сообщенiя янтарю теплоты и жизни необходимо *тренiе*".

Янтарь есть ископаемая смола, сопровождающая горючiе пласты третичной формацiи; встрѣчается особенно въ песчаныхъ дюнахъ на берегахъ Балтiйскаго моря, гдѣ и добывался финикiянами для ввоза въ Грецiю. Греки приприсывали янтарю миѳологическое происхожденiе, считая его происшедшимъ изъ слезъ Гелiадъ, дочерей солнца. „Это вмѣшательство солнца въ происхожденiе янтаря,—говоритъ Гёферъ,—представляется особенно любопытнымъ, если

сопоставить его съ позднѣйшимъ взглядомъ Кеплера, считавшимъ солнце огромнымъ магнитомъ, служащимъ міровымъ регуляторомъ".

Всякое тѣло, обладающее, подобно янтарю, способностью притягивать легкія тѣла, называется *наэлектризованнымъ* (терминъ этотъ происходитъ отъ греческаго названія янтаря *). Такимъ образомъ наипростѣйшій показатель *наэлектризованности* тѣла, наипростѣйшій *электроскопъ* мы имѣемъ въ притяженіи легкихъ тѣлъ, каковы, наприм.: шарики изъ бузинной сердцевины, перышки, кусочки бумаги, капельки жидкости, густой дымъ и т. п.

Свѣдѣнія объ электричествѣ находились въ совершенномъ застоѣ въ теченіи свыше двухъ тысячъ лѣтъ; прогрессъ замѣчается только въ XVII вѣкѣ. Въ 1600 г. было напечатано замѣчательное сочиненіе Вильяма Джильберта, врача англійской королевы Елисаветы, озаглавленное: *О магнитѣ*. Въ этой книгѣ описано множество электрическихъ опытовъ. Съ этого времени занимающая насъ наука усваиваетъ себѣ единственно плодотворный для нея—опытный методъ.

Послѣ разсужденія о „магнитномъ камнѣ", или естественномъ магнитѣ, Джильбертъ замѣчаетъ, что драгоцѣнные камни, каковы: алмазъ, сафиръ, рубинъ, аметистъ, опалъ и аквамаринъ, а также обыкновенныя вещества, какъ сѣра, шеллакъ, смола, каменная соль и стекло, будучи натерты сукномъ или чѣмъ-нибудь инымъ, пріобрѣтаютъ способность притягивать легкія тѣла, перемѣщать легкую стрѣлку, установленную горизонтально на остріѣ. Съ тѣхъ поръ янтарь пересталъ считаться привиллегированнымъ веществомъ, на способность электризоваться треніемъ стали смотрѣть какъ на общую всѣмъ тѣламъ, и развитіе науки стало идти впередъ быстрыми шагами. За годъ до смерти Джильберта, въ саксонскомъ городѣ Магдебургѣ родился Отто Герике **), изобрѣтатель первой *электрической машины* (*фиг.* 185). Послѣдняя состояла изъ простого сѣрнаго шара (отлитого изъ расплавленной сѣры въ стеклянномъ баллонѣ), надѣтаго на горизонтальную ось, которую поддерживала деревянная стойка. Одной рукой, за рукоятку, шаръ приводился въ быстрое вращательное движеніе, а другою—непосредственно или обернутою сукномъ, касались шара, причемъ эта рука должна была быть совершенно сухою. Такимъ способомъ шаръ сильно наэлектризовывался и затѣмъ, снятый со стойки, служилъ для различныхъ опытовъ. Въ своихъ *Новыхъ магдебурскихъ опытахъ надъ пустотой* Отто Герике приходитъ, между прочимъ, къ слѣдующимъ выводамъ:

1) За притяженіемъ легкаго тѣла сѣрнымъ шаромъ тотчасъ же слѣдуетъ отталкиваніе этого легкаго тѣла (1672 г.).

2) Сѣрный шаръ отъ тренія сухой рукой въ темной комнатѣ свѣтится подобно сахару, когда его раскалываютъ.

3) Электрическое свѣченіе сопровождается трескомъ, который дѣлается хорошо слышнымъ, если шаръ поднести къ уху.

По словамъ Анри Мартэна ***), древніе несомнѣнно наблюдали электрическія искры и свѣченіе, не зная, разумѣется, природы этихъ явленій. Вотъ что, напр., разсказываетъ Дамасцій, глава Аѳинской школы въ царствованіе Юстиніана. Въ V вѣкѣ, въ царствованіе Антемія, у римскаго патриція Севера былъ конь, который издавалъ искры, когда его натирали. Это чудо служило для Севера предзнаменованіемъ полученія консульскаго сана, въ который онъ дѣйствительно и былъ облеченъ въ 460 г. Основываясь на Плутархѣ, Дамасцій разсказываетъ еще, что у Тиверія въ дѣтствѣ былъ оселъ, на которомъ наблюдалось то же явленіе, предвѣщавшее Тиверію будущую императорскую власть; что товарищъ Атиллы и отецъ великаго Теодориха, Валамиръ, самъ испускалъ изъ себя искры. „Мнѣ

*) Ἤλεκτρον (электронъ)—янтарь.

**) Отто Герике, германскій физикъ, род. въ Магдебургѣ въ 1606 г., ум. въ 1682 г. въ Гамбургѣ. Придумалъ не только первую электрическую машину, но и воздушный насосъ (пневматическую машину); занимался также астрономіей и одинъ изъ первыхъ считалъ возможнымъ предсказать возвращеніе кометъ.

***) *Молнія, электричество и магнитизмъ у древнихъ* (1866 г.).

самому, хотя и рѣдко,—присовокупляетъ Дамасцій,—приходится наблюдать многочисленныя искры, вылетающія изъ моей одежды, когда я снимаю или надѣваю послѣднюю, причемъ эти искры часто сопровождаются слабымъ трескомъ; иногда же одежда кажется охваченной пламенемъ, которое свѣтитъ не сжигая. Не знаю, что предвѣщаютъ мнѣ эти чудеса". Названный философъ утверждаетъ также, что видѣлъ человѣка, который потирая себѣ голову грубой шерстяной матеріей, извлекалъ изъ нея искры—до пламени.

Страбонъ разсказываетъ что незадолго до убіенія Цезаря, видѣли многочисленныя искры, вылетавшія у слуги одного воина изъ пальцевъ, которые казались горящими, причемъ этотъ человѣкъ не испытывалъ никакой боли. Плиній говоритъ, что иногда, по вечерамъ, у нѣкоторыхъ людей виденъ огненный ореолъ вокругъ головы, что слѣдуетъ считать весьма важнымъ предзнаменованіемъ Историкъ Валерій изъ Анціума сообщалъ, что голова Сервія Туллія въ колыбели была окружена „незловѣщимъ" огненнымъ вѣнцомъ, и такой же вѣнецъ былъ у Марія въ тѣ минуты, когда онъ въ Испаніи послѣ смерти Сципіона призывалъ римскихъ воиновъ къ мщенію. Наконецъ Юлій Обсеквентъ говоритъ, что въ Ананьи, въ 619 г. отъ основанія Рима, туника у одного раба казалась горящей, а по исчезновеніи пламени, оказалась совершенно нетронутой, и что въ Луканіи, въ 660 г., нѣкоторыя животныя казались охваченными огнемъ, не испытывая, однако-же, при этомъ никакой боли.

Почти одновременно съ Отто Герике англійскій врачъ Уолль также подмѣтилъ сопровождаемую трескомъ электрическую искру, при треніи вылетавшую изъ большого куска янтаря, обрѣзаннаго въ видѣ конуса. Тутъ для того, чтобы услышать трескъ, даже не нужно было приближать янтарный конусъ къ уху.

Опыты свои Уолль излагаетъ въ *Ученыхъ Запискахъ лондонскаго Королевскаго Общества*, за 708 г.

„Быстро натирая,—говоритъ онъ,—сукномъ кусокъ янтаря и затѣмъ сильно сжимая его въ рукѣ, я слышалъ удивительное множество слабыхъ потрескиваній, производившихъ каждое небольшой мгновенный свѣтъ. Если кто-либо подносилъ палецъ весьма близко къ янтарю, то слышался уже довольно сильный трескъ, сопровождавшійся яркимъ свѣтомъ. Но особенно поражаетъ меня въ описанномъ явленіи то обстоятельство, что въ пальцѣ ощущается довольно сильная боль и онъ испытываетъ впечатлѣніе вѣтра, съ какой бы стороны онъ ни былъ поднесенъ. Трескъ—не слабѣе треска, издаваемаго углемъ при сгораніи. Одно натираніе даетъ, смотря по быстротѣ приближенія пальца, пять, шесть или больше потрескиваній, которыя всѣ сопровождаются свѣтомъ. Для меня послѣ этого не подлежитъ сомнѣнію, что для полученія болѣе сильнаго треска и болѣе яркаго свѣта нужно только брать куски янтаря подлиннѣе и потолще. Этотъ трескъ и свѣтъ нѣкоторымъ образомъ какъ бы изображаютъ намъ громъ и молнію".

Англійскій физикъ Гоксби *), въ концѣ XVII вѣка, вмѣсто сѣрнаго шара Герике сталъ пользоваться стекляннымъ шаромъ или цилиндромъ (*фиг.* 187). Этимъ путемъ получаются болѣе замѣтныя электрическія дѣйствія. Съ указаннаго времени стекло стало все болѣе и болѣе входить въ употребленіе при электрическихъ опытахъ. Именно помощью стеклянной трубки въ $3^1/_2$ фута длиною и болѣе 1 дюйма въ діаметрѣ, закрытой на обоихъ концахъ затычками изъ пробковаго дерева, Стефенъ Грей **) произвелъ свои достопамятные опыты

---

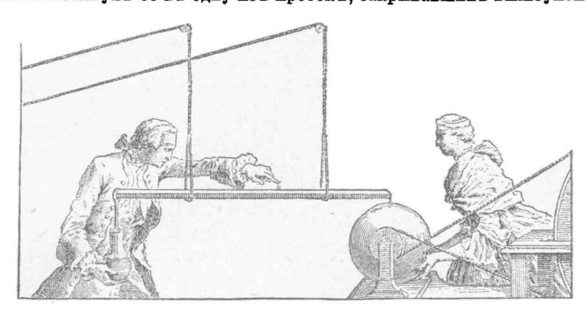
*) Фрэнсисъ Гоксби, англійскій физикъ, членъ лондонскаго Королевскаго Общества, изложилъ результаты своихъ опытовъ въ *Запискахъ* названнаго Общества за 1705—1711 гг.; авторъ *Физико-механическихъ опытовъ надъ произведеніемъ свѣта и электричества*. (Лондонъ, 1709 г.).

**) Стефенъ Грей, англійскій физикъ, род. въ 1662 г., умеръ въ 1736 г.; Работы его были опубликованы въ *Ученыхъ Запискахъ*, за 1731 — 1732 гг. Приводимъ описаніе того опыта Грея, которому, какъ говорятъ, суждено было сыграть трагическую роль въ жизни знаменитаго ученаго; послѣдній, какъ утверждаетъ тогдашній секретарь лондонскаго Королевскаго Общества, докторъ Мортимеръ, былъ такъ потрясенъ неожиданными результатами опыта, что на другой же день скончался.

„Помѣстимъ,—говоритъ Грей,—желѣзный шарикъ въ $1-1^1/_2$ дюйма діаметромъ въ центрѣ

надъ *электрической проводимостью*, которые привели его къ весьма важнымъ выводамъ. Вотъ краткое, но совершенно точное изложеніе названныхъ опытовъ.

„Однажды, натерши свою трубку, какъ обыкновенно, шерстяной матеріей, Грей замѣтилъ, что перышко, къ которому онъ приблизилъ одинъ изъ концовъ трубки, попеременно то притягивается, то отталкивается пробкою совершенно такъ же, какъ и стекломъ. Отсюда онъ естественно заключилъ, что прикосновеніемъ электричество сообщается отъ стекла пробкѣ. Ему хотѣлось узнать, составляетъ ли пробка исключительное тѣло въ этомъ отношеніи, или же всѣ другія вещества, напр., дерево, также способны электризоваться такимъ косвеннымъ путемъ. Съ этой цѣлью онъ взялъ палочку изъ еловаго дерева длиною въ четыре дюйма, къ одному концу ея прикрѣпилъ шарикъ изъ слоновой кости и воткнулъ ее въ одну изъ пробокъ, закрывавшихъ вышеупомянутую

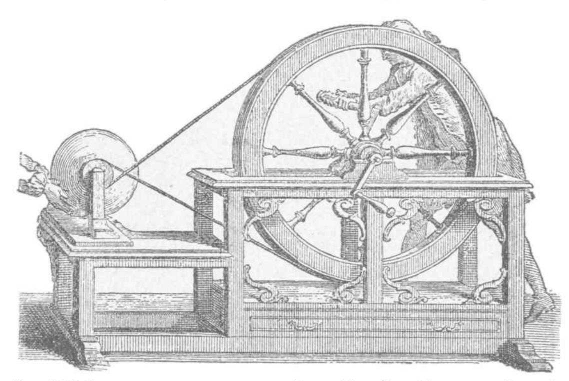


Фиг. 186.—Кондукторъ у машины Ноллé (заряженіе лейденской банки).

трубку; затѣмъ, натерши послѣднюю, приблизилъ шарикъ къ нѣсколькимъ легкимъ тѣламъ, которыя всѣ тотчасъ же притянулись къ нему. Послѣ этого Грей сталъ постепенно увеличивать длину палочки и дошелъ, наконецъ, до прутьевъ въ 3—4 метра, не замѣтивъ ни разу уменьшенія силы притяженія у шарика изъ слоновой кости. Тогда онъ сталъ подвѣшивать эти прутья на пеньковой веревкѣ, прикрѣпленной къ пробкѣ, а самъ становился на балконѣ перваго этажа своего дома. Когда онъ тамъ натиралъ свою трубку, то шарикъ, отдѣленный отъ земли

наэлектризированнаго смоляного круга, шириной въ 7—8 дюймовъ, и прямо надъ центромъ шарика будемъ держать, между большимъ и указательнымъ пальцами, какое-нибудь легкое тѣло, напр., кусочекъ пробковаго дерева, подвѣшенный на тонкой нити длиною въ 5—6 дюймовъ. Тогда увидимъ, что наше легкое тѣло само собою начнетъ двигаться вокругъ шарика, и притомъ съ запада на востокъ. Если смоляной кругъ имѣетъ строго-круглую форму, а шарикъ помѣщается какъ разъ въ центрѣ его, то легкое тѣло опишетъ окружность около шарика; если же послѣдній находится не въ центрѣ круга, то оно опишетъ эллипсисъ, эксцентрицитетъ котораго будетъ пропорціоналенъ разстоянію между центромъ шарика и центромъ круга. Если кругъ имѣетъ эллиптическую форму, а шарикъ находится въ центрѣ его, то путь проходимый шарикомъ, будетъ также эллипсисъ съ такимъ же эксцентрицитетомъ, какъ и у круга. Если шарикъ помѣщается въ одномъ изъ фокусовъ эллипсиса, то легкое тѣло будетъ двигаться быстрѣе въ апогеѣ, чѣмъ въ перигеѣ своей орбиты". Въ этомъ опытѣ Стефенъ Грей видѣлъ какъ бы рѣшеніе задачи о движеніи въ солнечной системѣ. „Описанное движеніе всегда будетъ совершаться по тому же направленію, какъ и движеніе планетъ вокругъ солнца, т. е. справа налѣво, или съ запада на востокъ, но эта, если можно такъ выразиться, миніатюрная планета движется гораздо скорѣе въ частяхъ, близкихъ къ апогею, чѣмъ въ близкихъ къ перигею ея орбиты, что прямо противоположно движенію планетъ около солнца". Грей прибавляетъ что опытъ удавался ему только тогда, когда нить удерживалась рукой человѣка, но въ то же время дѣлаетъ допущеніе, что нить съ успѣхомъ можетъ быть поддерживаема и всякимъ вообще живымъ существомъ. Докторъ Мортимеръ повторилъ этотъ опытъ удачно, между тѣмъ какъ Уилеръ получалъ неопредѣленные результаты. Французскій ученый дю-Фэ, другъ Грея, повторившій эти опыты, заявляетъ въ *Запискахъ академіи наукъ* (1737 г.), что онъ получалъ круговое движеніе легкаго тѣла, но не всегда по направленію, указанному Греемъ; у него движеніе совершалось то съ запада на востокъ, но, наоборотъ, съ востока на западъ.

разстояніемъ всего въ нѣсколько сантиметровъ, а отъ трубки—разстояніемъ въ 26 фут., продолжалъ притягивать къ себѣ легкія тѣла по прежнему. Удлинивъ веревку, Грей сталъ на балконѣ второго этажа, но притяженіе оставалось прежнимъ. Тогда онъ влѣзъ на крышу,—но получилъ тотъ же результатъ. Дошедши до этого пункта въ своихъ опытахъ, онъ затруднился на нѣкоторое время продолжать эти послѣдніе: взять еще болѣе длинную веревку—нетрудно, но гдѣ же самому помѣститься? Ему хотѣлось имѣть, подобно Галилею, производившему опыты надъ силою тяжести, знаменитую пизанскую башню, съ которой его электрическій проводникъ могъ бы падать на землю, не касаясь стѣны зданія. Но, къ счастью, онъ рѣшилъ, что ни вертикальное положеніе, ни прямое направленіе не составляютъ необходимыхъ условій, и подвѣсилъ свою веревку просто въ комнатѣ, на пеньковыхъ шнуркахъ, привязанныхъ къ гвоздямъ, вбитымъ въ стѣны и потолокъ, но зато провелъ ее весьма ломанымъ путемъ. Но когда, натерши стеклянную трубку, онъ обратился къ шарику изъ слоновой кости, по прежнему находившемуся на противоположномъ концѣ проводника, то оказалось, что притяженія нѣтъ: какъ будто электрическая жидкость гдѣ нибудь на дорогѣ застряла или вовсе растерялась. Но гдѣ и какимъ образомъ?... Не умѣя отгадать это самъ, смущенный Грей рѣшилъ воспользоваться познаніями и проницательностью своего друга Уилера, отличному физику и особенно большому знатоку электрическихъ явленій. Совмѣстно съ названнымъ ученымъ Грей приступилъ къ провѣркѣ своихъ опытовъ. Первые удались и теперь; но когда дошло до веревки, горизонтально подвѣшенной на пеньковыхъ бичевкахъ, то не смотря на многократное повтореніе опыта, послѣдній никакъ не удавался. Однажды экспериментаторы рѣшили испытать послѣднее средство: веревка въ описываемомъ опытѣ имѣла не менѣе 80 фут. длины, и Уилеръ, полагая, что бичевки могутъ не выдержать веревки, вздумалъ замѣнить ихъ шелковыми шнурками, какъ болѣе крѣпкими. Какова же была радость и изумленіе ученыхъ, когда они увидѣли, что электрическая жидкость, безпрепятственно и вполнѣ сохранивъ свою силу, передается теперь вплоть до конца веревки. При повтореніи опыта на слѣдующій день была взята веревка длиною въ 147 фут., свернутая вдвое, на третій—веревка въ 124 фут., проведенная въ прямомъ направленіи, причемъ веревка все поддерживалась шелковыми шнурками: во всѣхъ этихъ опытахъ передача совершалась вполнѣ хорошо. Но вотъ, 3-го іюля 1729 г., когда все уже было готово для опыта, одинъ изъ шелковыхъ шнурковъ вдругъ разорвался. Конечно, не трудно было бы его связать, но, боясь, что онъ можетъ разорваться и въ другой разъ, Уилеръ, за неимѣніемъ запасныхъ шелковыхъ шнурковъ, замѣнилъ его, для большей надежности, латунной проволокой; послѣднюю хорошо закрѣпили, а веревку подвѣсили какъ слѣдуетъ; затѣмъ натерши стеклянную трубку, къ концу проводника поднесли различныя тѣла, но провод-



Фиг. 187. Электрическая машина съ треніемъ аббата Нолле (стеклянный шаръ).

никъ вновь оказался потерявшимъ свою проводимость,—притяженія не замѣчалось вовсе,—какъ будто электрическая жидкость снова какъ-нибудь растерялась по дорогѣ. Сопоставивъ этотъ результатъ съ результатами предшествовавшихъ опытовъ, Грей и Уилеръ тотчасъ же пришли къ заключенію, что все дѣло въ томъ, изъ какого вещества сдѣланы поддерживающіе шнуры. Такъ какъ сама веревка, будучи, какъ намъ извѣстно, пеньковою, хорошо передаетъ электрическую силу, то естественно, что послѣдняя также передается и пеньковою бичевкою, и такимъ путемъ уходитъ въ землю. Такимъ же проводящимъ свойствомъ обладала, очевидно, и латунная проволока, между тѣмъ какъ шелкъ былъ совершенно лишенъ названнаго свойства" *).

Эти наблюденія, явившіяся, какъ мы видѣли, результатомъ совершенно случайныхъ обстоятельствъ, послужили для Грея и Уилера исходнымъ пунктомъ для изслѣдованій иного характера. Изъ такихъ изслѣдованій, имѣвшихъ цѣлью опредѣленіе электрической проводимости различныхъ тѣлъ, обнаружилось: вопервыхъ, что стекло, сѣра, различныя смолы, алмазъ, масла, металлическіе окислы (или *земли*, какъ они тогда назывались) и т. п. не проводятъ электричества; напротивъ того, металлы, кислыя и щелочныя жидкости, тѣло животныхъ, вода и вообще всѣ влажныя вещества отличаются хорошею проводимостью; во-вторыхъ, что тѣла, представляющія собой дурные проводники **), отъ тренія электризуются, между тѣмъ какъ хорошіе проводники не электризуются.

Для доказательства передачи электричества по тѣлу животныхъ, и въ частности по человѣческому тѣлу, Грей ставилъ ребенка на уединяющее вещество (на смоляной кругъ), или подвѣшивалъ его на волосяныхъ шнурахъ и затѣмъ прикасался къ нему своей наэлектризованной трубкой; тогда руки, лицо и вся одежда ребенка начинали притягивать приближенныя къ нимъ легкія тѣла (*фиг.* 188).

Отсюда съ очевидностью слѣдуетъ, что обнаружить присутствіе электричества въ проводникѣ, напр., въ металлическомъ стержнѣ, нѣтъ возможности, если, при натираніи, его держатъ въ рукѣ. Дѣйствительно, въ этомъ случаѣ требовалось бы сообщить зарядъ не одному только стержню, но и тѣлу держащаго его въ рукѣ и землѣ; понятно, слѣдовательно, что образующійся отъ тренія зарядъ тотчасъ же распредѣляется по чрезвычайно громадной системѣ, а потому на натираемомъ проводникѣ остается безконечно малая часть заряда, уже неспособная обнаруживать сколько-нибудь замѣтныхъ дѣйствій. Въ справедливости этого разсужденія убѣждаетъ насъ прямой опытъ, показывающій, что металлическій стержень превосходно электризуется всякій разъ, когда мы держимъ его не непосредственно, а за ручку изъ какого-нибудь изолирующаго вещества, напр., стекла, смолы, эбонита и т. п., и тотчасъ же теряетъ свои электрическія свойства лишь только мы касаемся его рукой, т.-е. соединяемъ его съ землею.

Дю-Фэ ***) дополнилъ опыты Грея надъ электризованіемъ человѣческаго тѣла. Улегшись самъ на доскѣ, повѣшенной на шелковыхъ шнуркахъ, онъ наэлектризовалъ себя прикосновеніемъ натертой стеклянной трубки, которую держалъ въ

*) Взято изъ соч. Артура Манжена *Небесный огонь*.

**) Эти тѣла иначе называются *изолирующими* (уединяющими), или *изоляторами*, а также, со времени Фарадея, *діэлектрическими* (отъ греч. словъ ἤλεκτρον и δία), т.-е. раздѣляющими проводники. Въ дѣйствительности совершенныхъ изоляторовъ не существуетъ: тѣла могутъ быть расположены въ одинъ непрерывный рядъ, начиная отъ наименѣе проводящихъ и до металловъ, являющихся наилучшими проводниками.

***) Шарль-Франсуа де Систернэ дю-Фэ, род. въ Парижѣ 14-го сент. 1698 г., былъ членомъ академіи наукъ, по секціи химіи; занимался самыми различными научными предметами; работалъ совмѣстно со Стефеномъ Греемъ, причемъ, какъ говоритъ Фонтенель въ своей *Похвалѣ академикамъ*, эти два великихъ ума „наставляя и воодушевляя другъ друга, дѣлали такія поразительныя, неслыханныя открытія, что каждому изъ нихъ необходимо было повѣрять себя свидѣтельствомъ сотрудника; такъ, напр., они только тогда могли повѣрить, что дѣйствительно видѣли ребенка свѣтящимся, когда разсказали объ этомъ другъ другу". Изъ этого видно, какими чудесными представлялись тогдашнимъ ученымъ электрическія явленія. Труды дю-Фэ напечатаны въ *Запискахъ академіи наукъ* (годы 1733, 1734, 1737). Дю-Фэ умеръ 6-го іюля 1739 г.

рукѣ его помощникъ, аббатъ Нолле́. Послѣ этого послѣдній, приблизивъ палецъ къ лицу дю-Фэ, извлекъ искру, вызвавшую у обоихъ экспериментаторовъ ощущеніе легкаго укола. Это была первая искра, извлеченная изъ человѣческаго тѣла.

Затѣмъ была произведена темнота, и Нолле́ съ великимъ изумленіемъ увидѣлъ, что все тѣло его знаменитаго учителя окружено свѣтовымъ ореоломъ.

Въ 1733 г. дю-Фэ могущественно подвинулъ впередъ ученіе объ электричествѣ, случайно открывъ, что не всякое наэлектризованное тѣло относится одинаково къ другому наэлектризованному тѣлу. Онъ замѣтилъ, что шелковая нить, которая сначала притягивалась стеклянной трубкой, вслѣдъ за тѣмъ тотчасъ же отталкивается отъ послѣдней, въ то же время, однако, притягиваясь наэлектризованной смоляной палочкой; если же, наоборотъ, шелковая нить сначала была притянута смоляной палочкой, то она затѣмъ отталкивается отъ этой палочки, въ то же время притягиваясь стеклянной трубкой. Вотъ какъ дю-Фэ излагаетъ свои опыты, пользуясь тогдашней терминологіей, не вполнѣ сходной съ нашей, теперешней, но представляющей для насъ историческій интересъ:



Фиг. 188.—Опыты надъ электрической проводимостью человѣческаго тѣла.

„Я открылъ, — говоритъ дю-Фэ—весьма простой принципъ, которымъ легко объясняются многія неправильности, капризы, если можно такъ выразиться, повидимому, сопровождающія большинство электрическихъ опытовъ. Этотъ принципъ состоитъ въ томъ, что *электрическія тѣла сначала притягиваютъ неэлектрическія, а затѣмъ отталкиваютъ ихъ, лишь только эти послѣднія пріобрѣли электрическія свойства, благодаря близости или прикосновенію какого-нибудь электрическаго тѣла.* Такъ, золотой листочекъ, сперва притягивается трубкой, отъ соприкосновенія съ нею пріобрѣтаетъ электричество и вслѣдствіе этого тотчасъ же отъ нея отталкивается. *До тѣхъ поръ, пока онъ сохраняетъ свои электрическія свойства, онъ не притягивается вновь; но какъ скоро онъ коснется какого-нибудь другого тѣла, онъ мгновенно потеряетъ свое электричество и, благодаря этому, вновь будетъ притягиваться трубкой;* послѣдняя, сообщивъ листочку новый зарядъ электричества, вторично оттолкнетъ его, и это отталкиваніе будетъ продолжаться все время, пока трубка сохраняетъ свою силу. Прилагая изложенный принципъ къ различнымъ электрическимъ опытамъ, мы будемъ поражены тѣмъ множествомъ фактовъ, которые, благодаря ему, становятся совершенно ясными“.

Только-что приведенные опыты были уже ранѣе сдѣланы Отто Герике. Великое же открытіе дю-Фэ излагается въ нижеслѣдующихъ строкахъ:

„Случайно, — говоритъ онъ, — я обнаружилъ еще другой принципъ, который обширнѣе и замѣчательнѣе предъидущаго и бросаетъ новый свѣтъ на электрическія явленія. Этотъ принципъ заключается въ томъ, что существуетъ два рода весьма отличныхъ одно отъ другого электричествъ: одно изъ нихъ я называю *стеклянным электричествомъ*, другое — *смоляным*. Первое принадлежитъ *стеклу*, горному хрусталю, драгоцѣннымъ камнямъ, шерсти животныхъ, шерстяной матеріи и многимъ другимъ тѣламъ; второе — *смолѣ*, янтарю, копалу, шеллаку, шелку, растительной нити, бумагѣ и множеству другихъ веществъ. При этомъ замѣчательно то, что электричества, принадлежащія къ одному и тому же роду отталкиваются, между тѣмъ какъ разнородныя электричества притягиваются. Такъ тѣло, одаренное стекляннымъ электричествомъ, отталкиваетъ всѣ тѣла, которыя обладаютъ стекляннымъ же электричествомъ и, наоборотъ, притягиваетъ тѣла, обладающія смолянымъ электричествомъ. Такимъ же образомъ и тѣло, заряженное смолянымъ электричествомъ, отталкиваетъ наэлектризованныя смолянымъ и притягиваетъ заряженныя стекляннымъ электричествомъ. Изъ этого принципа легко вывести объясненіе многочисленнымъ другимъ явленіямъ, и онъ же, слѣдуетъ думать, поведетъ ко множеству другихъ открытій“.

Обозначенія „стеклянное“ и „смоляное“ электричество, предложенныя знаменитымъ ученымъ, не удержались въ наукѣ до настоящаго времени: они грѣшатъ въ томъ отношеніи, что какъ стекло такъ и смола, а равно и всѣ примыкающія къ нимъ тѣла, смотря по условіямъ опыта, могутъ заряжаться и тѣмъ и другимъ родомъ электричества.

Кантонъ *) первый замѣтилъ, что матовое стекло, натираемое шерстяной матеріей, электризуется противоположно хорошо вычищенной и полированной стеклянной палочкѣ, натираемой такимъ же точно образомъ, причемъ матовое стекло получаетъ смоляное электричество. О всѣхъ тѣлахъ электризующихся, какъ натираемое сукномъ полированное стекло, говорятъ, что они электризуются *положительно*, обозначая родъ этото электричества знакомъ + (плюсъ); тѣла же, электризующіяся, какъ смола при натираніи ея сукномъ, называютъ *отрицательно* электризующимися, выражая родъ электричества, получаемаго этими тѣлами, знакомъ — (минусъ) **) (*фиг.* 189).

Нѣтъ никакого основанія вводить еще какой-нибудь третій родъ, такъ какъ опытъ показываетъ, что всякое наэлектризованное тѣло непремѣнно должно быть подведено подъ первый или второй изъ указанныхъ двухъ родовъ электричества.

Благодаря Эпинусу, Уильки и другимъ физикамъ конца XVIII столѣтія стало извѣстно, что при треніи двухъ тѣлъ оба они одновременно электризуются, получая *противоположныя* электричества: одно заряжается *положительно*, а другое *отрицательно*; при этомъ возбуждаемые въ обоихъ тѣлахъ заряды *эквивалентны*, т.-е. равносильны, въ томъ смыслѣ, что, будучи удерживаемы въ соприкосновеніи, оба наэлектризованныя тѣла не оказываютъ никакого дѣйствія на находящіяся вблизи ихъ легкія тѣла.

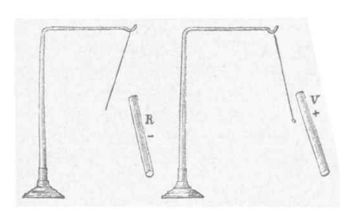
Вотъ опытъ Фарадея, доказывающій только что описанныя явленія. Возьмемъ сургучную палочку и наэлектризуемъ одинъ изъ ея концовъ треніемъ его о шелковый колпачекъ, надѣтый на этотъ конецъ и легко снимающійся

---

*) Джонъ Кантонъ, англійскій физикъ и астрономъ, род. въ Страудѣ въ 1718 г., ум. въ 1762 г.; первый въ Англіи повторилъ опыты Франклина надъ атмосфернымъ электричествомъ и первый демонстрировалъ на опытѣ сжимаемость жидкостей.

**) Эти термины введены Веніаминомъ Франклиномъ. По теоріи этого знаменитаго ученаго, о которой будемъ говорить въ свое время, электричество въ однихъ тѣлахъ скопляется, является *въ избыткѣ* (плюсъ), а изъ другихъ выходитъ, вслѣдствіе чего тутъ является *убыль* электричества (минусъ).

потягиваніемъ за привязанную къ нему шелковую нитку. Если теперь къ наэлектризованному концу палочки съ надѣтымъ на него колпачкомъ приближать легкія тѣла, наприм., шарикъ изъ бузинной сердцевины, подвѣшенный на уединяющей нити (*фиг.* 190), то послѣдній будетъ оставаться въ покоѣ, изъ чего ясно слѣдуетъ, что сургучъ, покрываемый колпачкомъ, не имѣетъ никакого внѣшняго дѣйствія. Но какъ скоро мы снимемъ колпачекъ, шарикъ тотчасъ же устремится къ сургучу, зарядится электричествомъ этого послѣдняго и вслѣдствіе этого оттолкнется отъ сургучной палочки; наоборотъ къ шелковому колпачку тотъ же шарикъ притянется; изъ этого необходимо вытекаетъ, что сургучъ и шелкъ при треніи одинъ о другой получили противоположные заряды.



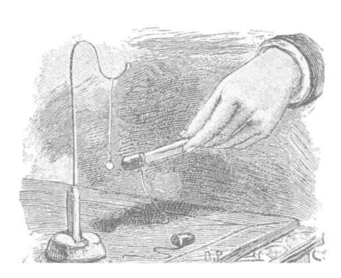
Фиг. 189.—Открытіе дю-Фэ: стеклянное и смоляное электричества.

Это *двойное электризованіе*, или *электрическая полярность*, какъ нерѣдко выражались, уподобляя двойное электризованіе противоположнымъ дѣйствіямъ двухъ половинъ магнита, есть совершенно общее явленіе, которое неизмѣнно обнаруживается при всѣхъ способахъ электризованія, за исключеніемъ, разумѣется, электризованія прикосновеніемъ или проведеніемъ, т.-е. непрямыхъ способовъ.

Теперь намъ необходимо оглянуться назадъ и резюмировать вкратцѣ то, что мы узнали объ интересующемъ насъ предметѣ до сихъ поръ.

I. Всѣ безъ исключенія тѣла отъ тренія электризуются, что обнаруживается пріобрѣтаемымъ ими свойствомъ притягивать и отталкивать легкія предметы, а также свѣченіемъ ихъ въ темнотѣ и искрами, извлекаемыми изъ нихъ приближеніемъ другихъ тѣлъ.

II. Чѣмъ болѣе тѣло сохраняетъ зарядъ въ томъ ограниченномъ мѣстѣ, гдѣ онъ развивается треніемъ, тѣмъ лучшій оно изоляторъ; наоборотъ, чѣмъ скорѣе электрическія свойства распространяются по болѣе значительной части поверхности тѣла, тѣмъ лучшій проводникъ это тѣло.



Фиг. 190.—Опытъ Фарадея: одновременное возбужденіе обоихъ электричествъ.

III. Есть два рода электризованія, и только два, которые обнаруживаются противоположными внѣшними дѣйствіями, причемъ два тѣла, заряженныя однороднымъ электричествомъ, отталкиваются, между тѣмъ какъ заряженныя разнородными электричествами — притягиваются.

IV. При треніи двухъ тѣлъ одно о другое, эти тѣла электризуются различнымъ образомъ, причемъ заряды явившіеся на обоихъ, эквиваленты, въ томъ смыслѣ, что при удерживаніи этихъ тѣлъ въ соприкосновеніи, послѣднія не оказываютъ никакого дѣйствія на находящіеся вблизи ихъ легкія предметы.

*V. Электризованіе тѣлъ имѣетъ временный характеръ: оно болѣе или менѣе скоро теряется *).*

Справедливость перечисленныхъ принциповъ можетъ быть легко доказана всякимъ, если онъ того пожелаетъ. Для этой цѣли нѣтъ никакой необходимости прибѣгать къ изящнымъ и дорогимъ снарядамъ, украшающимъ физиче-

*) Эта потеря происходитъ иногда весьма медленно. Такъ, Вильямъ Томсонъ сохранялъ на тѣлахъ электричество въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ, заключая эти тѣла въ герметически закрытыя стеклянныя банки.

скіе кабинеты и витрины физико-механическихъ магазиновъ; можно самому и очень скоро приготовить большую часть самыхъ необходимыхъ аппаратовъ, и притомъ изъ такихъ матеріаловъ, которые имѣются подъ рукой у каждаго.

Интересующіеся наукой и желающіе видѣть собственными глазами то, съ чѣмъ они знакомятся изъ книгъ или устныхъ бесѣдъ, должны вести свои опытныя занятія строго методически и терпѣливо, не смущаясь неудачами, естественно сопровождающими первые шаги и будучи увѣренными въ томъ, что настойчивость обязательно должна увѣнчаться успѣхомъ. При нѣкоторомъ прилежаніи, весьма быстро пріобрѣтается необходимая сноровка и получается возможность испытывать великое наслажденіе — вынуждать у сдержанной, а подчасъ упрямой природы отвѣты на предлагаемые ей вопросы.

Наблюдатель всегда долженъ быть совершенно точнымъ, т.-е. съ одинаковымъ вниманіемъ относиться ко всѣмъ подробностямъ изучаемыхъ явленій, не пренебрегая ни одной изъ этихъ подробностей и ничего къ нимъ не прибавляя.



Фиг. 191.—Притяженіе капелекъ.

Для всякихъ научныхъ изслѣдованій, какъ и для всякаго ремесла, необходимо имѣть въ распоряженіи извѣстное количество спеціальныхъ снарядовъ. Какіе же нужны намъ и какъ должны мы обращаться съ ними?

Во избѣжаніе непріятныхъ неожиданностей и затрудненій для приступающихъ къ опытамъ, необходимо дать на поставленные вопросы весьма обстоятельный отвѣтъ: подробности не должны казаться излишними тамъ, гдѣ онѣ только облегчаютъ дѣло. Слѣдуетъ, однако, замѣтить, что указываемое нами расположеніе не представляетъ ничего обязательнаго,—всякій экспериментаторъ можетъ измѣнять его такъ или иначе, руководствуясь своими собственными соображеніями. Но, все-таки, на первыхъ порахъ оно можетъ оказаться весьма полезнымъ. Еще одно важное замѣчаніе: *всѣ нижеописываемые опыты должны предприниматься только въ сухую погоду и съ сухими предметами.*

Прежде всего слѣдуетъ удостовѣриться, что послѣ тренія тѣла дѣйствительно обладаютъ любопытнымъ свойствомъ—притягивать кусочки бумаги, волосы, перышки, соломенки и т. п. Для этого возьмемъ сургучную палочку и кусочекъ шерстяной матеріи—сукна или фланели,—сложенный въ нѣсколько разъ,

и будемъ слегка, но быстро, натирать сургучъ о шерстяную матерію. Достаточно потереть его такимъ образомъ нѣсколько разъ для того, чтобы при приближеніи его къ легкимъ тѣламъ, послѣднія стали быстро устремляться къ нему. Опытъ такъ же хорошо удается, если вмѣсто сургучной палочки, брать стеклянную палочку или трубку, палочку сѣры, бумагу и пр. Въ качествѣ легкихъ тѣлъ можно притягивать капельки различныхъ жидкостей,—напр., приближая натертое тѣло къ маслу, налитому въ стаканчикѣ (*фиг.* 191), — или же частицы изъ которыхъ состоитъ дымъ.

Натирая такимъ же образомъ металлическій стержень, мы не сообщимъ послѣднему притягательныхъ свойствъ.

Описанному опыту съ притяженіемъ можно придавать самыя разнообразныя и занимательныя формы. Для примѣра мы укажемъ на двѣ такія формы: на *голубь Архиты* (фигура 3-го *опыта*) и *пляску каторжниковъ* (фигура 8-го *опыта*).

Научимся сперва сообщать притягательную способность листку бумаги. Возьмемъ полъ листа тонкаго картона и подержимъ его немного у огня для удаленія изъ него влаги. Затѣмъ, положивъ его еще теплымъ на столъ, потремъ нѣсколько разъ сухой рукой, скользя послѣднею отъ ближайшаго къ себѣ края до противоположнаго края бумаги. Если теперь бумагу приблизить къ бумажному голубку, прикрѣпленному къ одному изъ концовъ нитки, другой конецъ которой держатъ въ рукѣ, то голубокъ тотчасъ же полетитъ къ листу, и еслибъ его не удерживали, онъ прямо присталъ бы къ бумагѣ. Голубь слѣдуетъ за всѣми перемѣщеніями бумаги, совершенно такъ, какъ если бы онъ былъ прикрѣпленъ къ ней какой-нибудь невидимой нитью. „Голубемъ Архиты“ мы назвали описанный опытъ въ память сходнаго опыта, который можно произвести помощью магнита и о которомъ говоритъ іезуитъ Аѳанасій Кирхеръ въ своемъ любопытномъ сочиненіи *О магнитѣ или магнитномъ искусствѣ* *).

Описавъ рядъ опытовъ съ магнитами, Кирхеръ приходитъ къ *Задачѣ X*, озаглавленной: *„Голубь Архиты, летающій въ воздухѣ и показывающій часы“*.

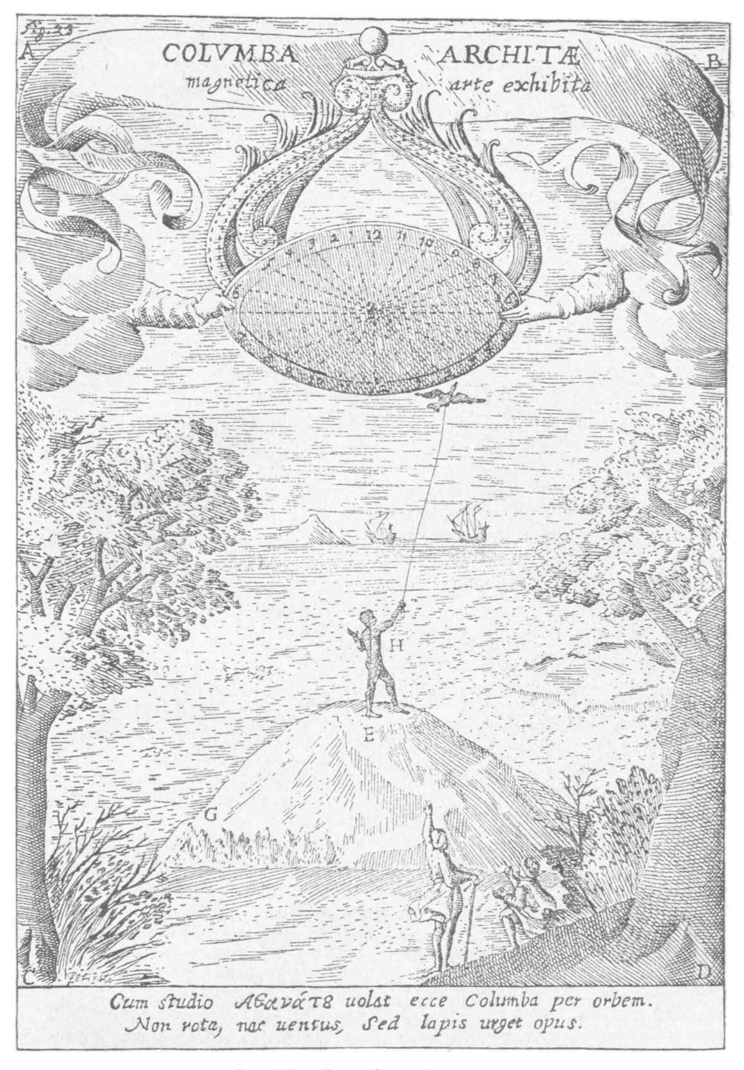
„Остается показать, — говоритъ онъ, — что подвѣшенные въ воздухѣ предметы можно привести въ поступательное движеніе помощью магнита. Сперва сдѣлаемъ опытъ съ „летающимъ голубемъ Архиты“ **), въ возможности котораго авторы такъ часто сомнѣваются.

„Сначала сдѣлайте дощечку—такую, какую вы видите на рисункѣ—ABCD (*фиг.* 192), покройте ее сзади толстой бронзовой или мѣдной пластинкой. По срединѣ установите кружокъ (съ обозначенными на немъ часами) и на этомъ кружкѣ, по краю, укрѣпите магнитъ; кромѣ того, снабдите кружокъ шнуркомъ для того, чтобы можно было, по желанію, но незамѣтнымъ для зрителей образомъ, то приводить его во вращательное движеніе, то останавливать. Этотъ механизмъ на фигурѣ не показанъ. Затѣмъ, устройте внизу дощечки горку GE, и на вершинѣ этой горки помѣстите фигурку H (которую я называю Архитою), сдѣланную изъ какого-нибудь весьма легкаго матеріала, напр., изъ бумаги, или сухого камыша, проткнувъ ее вдоль иглой, около которой она могла бы вращаться при малѣйшемъ дуновеніи.

---

*) Аѳанасій Кирхеръ, физикъ, математикъ и филологъ, род. въ Гейсенѣ (Гессе) въ 1602 г., ум. въ Римѣ въ 1680 г. Писалъ по всевозможнымъ научнымъ предметамъ. Въ числѣ другихъ сочиненій, ему принадлежатъ: *Чудеса свѣта и тѣни* (1645 г.), гдѣ, какъ было указано, описывается волшебный фонарь; *Магнитное царство природы*, гдѣ дѣлается попытка объяснить всѣ явленія помощью магнитизма; *Обелискъ Памфилій* (Римъ, 1650 г.) и *Эдипъ египтянинъ*, въ которыхъ объясняется смыслъ іероглифовъ; *Подземный міръ и Ариѳметологія, или Священныя тайны чиселъ* (1665 г.).

**) Архита, пиѳагорейскій философъ, род. въ Тарентѣ (въ Италіи) въ 440 г., умеръ въ 360 г. до Р. Х. во время кораблекрушенія у береговъ Апуліи; современникъ и другъ Платона; отличался талантами полководца и семь разъ былъ избираемъ своими согражданами въ правители своего родного города. Ему приписываютъ изобрѣтеніе винта, блока и разрѣшеніе многихъ геометрическихъ задачъ, а также устройство снаряда, извѣстнаго подъ названіемъ *летающаго голубя*. Авторъ многочисленныхъ произведеній, изъ которыхъ до насъ дошли только отрывки. На смерть его Гораціемъ написана извѣстная ода.

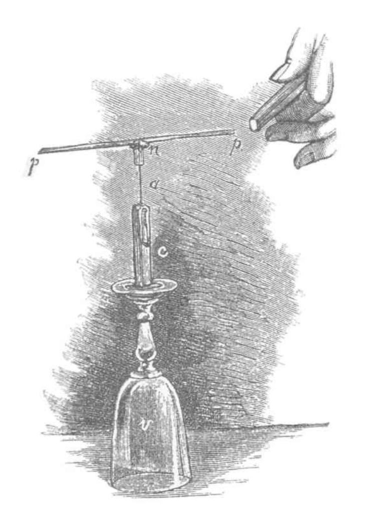


Фиг. 192.—Летающій голубь Архиты.

„Затѣмъ изъ того-же легкаго матеріала сдѣлайте голубя и проткните его вдоль стальною иглой. Послѣ этого возьмите нить—пенковую, шелковую, сабуровую или льняную, но во всякомъ случаѣ весьма тонкую—для обмана зрѣнія, и одинъ изъ ея концовъ прикрѣпите къ хвосту голубя, а другой—къ рукѣ Архиты, потомъ поднимите голубя настолько, чтобы вы почувствовали, что онъ притягивается магнитомъ, прикрѣпленнымъ позади кружка.

„Теперь, если вы желаете показать летающаго голубя, приведите кружокъ съ его магнитомъ во вращательное движеніе. Вращаясь, магнитъ будетъ кружить въ то же время дрожащаго голубя, который какъ-бы будетъ сгорать желаніемъ поймать какую-то добычу; но такъ какъ притягиваемый и вращающійся голубь заставляетъ вмѣстѣ вращаться и Архиту на иглѣ, то зрителямъ будетъ казаться, что Архита направляетъ полетъ голубя".

Кирхеръ заканчиваетъ нѣсколькими соображеніями относительно механизма опыта, объясняя, что для осуществленія послѣдняго требуется очень сильный (для его времени) магнитъ. „Я видѣлъ,—говоритъ онъ,—только одинъ такой магнитъ: онъ поддерживалъ иглу въ воздухѣ на разстояніи почти четырехъ пальцевъ".



Фиг. 193.—Электроскопъ съ соломенкой.

Этотъ сложный опытъ Архиты, вновь описанный Кирхеромъ, можно воспроизвести, какъ мы видѣли выше, въ сущности весьма простымъ способомъ.

Для произведенія „пляски каторжниковъ", вмѣсто голубя берутъ бумажныхъ человѣчковъ, пригвождаемыхъ къ столу надѣтыми у нихъ на ногахъ кандалами (дробинка на ниткѣ). Сообщая затѣмъ наэлектризованному листу прихотливыя, но мѣрныя движенія, заставляютъ этихъ человѣчковъ подпрыгивать въ тактъ,—какъ бы воспроизводить дикую пляску.

Описанные опыты можно продолжать произвольно долгое время, лишь при томъ условіи, если листъ натирается вновь чрезъ небольшіе промежутки времени, такъ какъ сила притяженія болѣе или менѣе быстро теряется *).

Согласно обычной терминологіи, говорятъ, что тѣла, обладающія свойствомъ притягивать весьма легкіе предметы, *наэлектризованы*, или *заряжены электричествомъ*. Но необходимо замѣтить, что это не болѣе, какъ обозначеніе факта, а отнюдь не объясненіе его. О тѣлахъ, не имѣющихъ притягательныхъ свойствъ, говорятъ, что они находятся въ *нейтральномъ* (среднемъ), или *естественномъ* состояніи.

Всякое легкое тѣло, расположенное такимъ образомъ, что оно можетъ показывать, наэлектризовано-ли приближаемое къ нему тѣло, или нѣтъ, называется *электроскопомъ*. Такимъ образомъ, „голубь Архиты", „каторжники" представляютъ собою электроскопы. Но обыкновенно пользуются другими, болѣе удобными, которые мы сейчасъ и опишемъ.

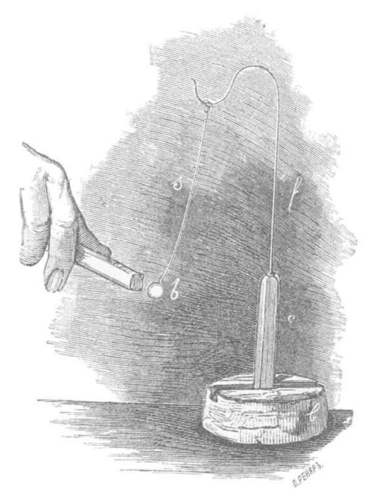
Разсмотримъ сперва *электроскопъ съ соломенкой*. Берутъ хорошую соломенку

*) Эти опыты аналогичны описываемымъ въ различныхъ руководствахъ физики подъ названіями *электрическаго града*, *электрической пляски* и т. п. и производимымъ съ электрической машиной.

pp длиною въ 15—20 сантиметровъ и къ ней по срединѣ прикрѣпляютъ сургучомъ другую, коротенькую, соломенку, снабженную петелькой *n* (*фиг.* 193). Эта система можетъ вращаться на иглѣ, воткнутой въ подставку. У электроскопа, представленнаго на фигурѣ 193, подставкой служитъ кусокъ сургуча, припечатанный къ ножкѣ опрокинутаго стакана *v*. Для того, чтобы воткнуть иглу, кончикъ послѣдней нагрѣваютъ и прикладываютъ къ концу сургучной палочки, которая, естественно, расплавляется въ мѣстѣ приложенія иглы и потому легко пропускаетъ послѣднюю на желаемую глубину. По охлажденіи, игла, конечно, оказывается крѣпко вдѣланной въ сургучъ.

Нейтральнымъ тѣломъ будетъ такое, которое не оказываетъ никакого дѣйствія на соломенку. *Наэлектризованное*, напротивъ, заставляетъ ее вращаться на остріѣ. Быстро двигая передъ соломенкой притягивающее ее наэлектризованное тѣло, приводимъ соломенку въ непрерывное вращательное движеніе совершенно такимъ же образомъ, какъ если бы мы стали вращать ее помощью рукоятки.

Всякое тѣло, подвѣшенное на нити или на прутѣ, вообще называютъ *маятникомъ*. Отсюда названіе *электрическій маятникъ*, даваемое электроскопу, состоящему изъ какого-нибудь легкаго тѣла—обыкновенно берутъ шарикъ изъ бузинной сердцевины, *b*,—висящаго на шелковой нити. Прикрѣпимъ эту нить *s* (*фиг.* 194) къ загнутому концу куска желѣзной проволоки, нижній конецъ котораго воткнутъ въ палочку сургуча *c*. Послѣдняя можетъ быть прикрѣплена ко дну стакана или вдѣлана въ пробковый кружокъ *l*. Подвѣшивая два одинаковыхъ шарика, такъ чтобы они касались другъ друга, получаемъ двойной электрическій маятникъ; заряжаясь оба одинаково при соприкосновеніи съ наэлектризованнымъ тѣломъ, шарики отталкиваются другъ другомъ.



Фиг. 194.—Электрическій маятникъ.

Если изъ двухъ тѣлъ, испытываемыхъ помощью электроскопа, одно оказывается нейтральнымъ, а другое—наэлектризованнымъ, то что произойдетъ при приближеніи этихъ тѣлъ другъ къ другу?—Въ томъ случаѣ, когда подвижнымъ и достаточно легкимъ является нейтральное тѣло, то, какъ ясно изъ предъидущаго, именно оно стремится еще болѣе притянуться къ наэлектризованному тѣлу, но при обратныхъ условіяхъ, т. е. если легкостью и подвижностью обладаетъ наэлектризованное тѣло, то, какъ показалъ Робертъ Бойль *) то, напротивъ, это послѣднее стремится приблизиться къ нейтальному. Если двигаться могутъ оба, то они устремляются другъ другу навстрѣчу.

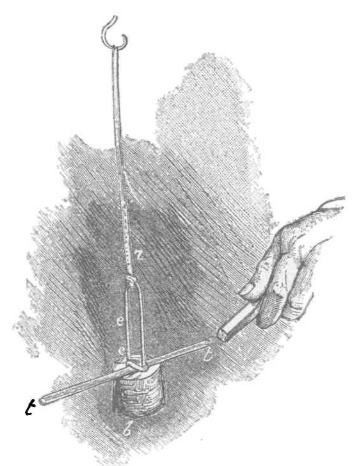
Въ притяженіи наэлектризованныхъ тѣлъ нейтральными легко убѣдиться на опытѣ. Наэлектризованный листъ бумаги, будучи приближенъ къ столу или стѣнѣ, наклоняется къ этимъ послѣднимъ, и для того, чтобы удерживать его

---

*) Робертъ Бойль, физикъ и химикъ, род. въ Лисмурѣ (въ Ирландіи) въ 1626 г., ум. въ Лондонѣ въ 1691 г. Именно онъ ввелъ въ науку терминъ *электричество* (electricitas), который до него употреблялся рѣдко, хотя, повидимому, созданъ Вильямомъ Джильбертомъ. Одно изъ сочиненій Бойля носитъ слѣдующее заглавіе: *О механическомъ производствѣ электричества*.

на разстояніи, требуется употреблять нѣкоторое усиліе. Такъ же точно относится къ приближеннымъ нейтральнымъ тѣламъ и наэлектризованная соломенка *электроскопа*. Такое же притяженіе можно наблюдать, помѣщая наэлектризованную палочку (стеклянную или сургучную) на такой подставкѣ, которая позволяетъ ей перемѣщаться отъ малѣйшаго дѣйствія на нее: въ этомъ случаѣ палочка устремляется ко всякому подносимому къ ней нейтральному тѣлу. Пригодную для этой цѣли подставку (фиг. 195) нетрудно приготовить, воткнувъ оба острія головной шпильки *e* въ пробку *b*. Сама шпилька подвѣшивается на шелковой ниткѣ или узенькой ленточкѣ *r*. Для укрѣпленія на пробкѣ наэлектризованной палочки служитъ каучуковое колечко *c*.

Во всѣхъ этихъ опытахъ причина, опредѣляющая движеніе, конечно, лежитъ въ наэктризованномъ тѣлѣ, такъ какъ не будь его, все оставалось бы въ покоѣ, но притягательная способность обнаруживается не исключительно у него: вся система стремится принять новое расположеніе, соотвѣтствующее присутствію наэктризованнаго тѣла, причемъ болѣе или менѣе перемѣщаются всѣ подвижныя части системы. Словомъ, электрическое движеніе, какъ и всякое другое подчиняется закону дѣйствія и противодѣйствія.



Фиг. 195.—Подвижная подставка; притяженіе.

Наэлектризованное тѣло сообщаетъ свое свойство нейтральнымъ, къ которымъ оно прикасается. Такъ, отъ соприкосновенія съ такимъ тѣломъ электрическій маятникъ получаетъ способность притягивать соломенку электроскопа или начинаетъ самъ притягиваться послѣднею.

Если съ наэлектризованнымъ тѣломъ приходитъ въ соприкосновеніе достаточно легкое тѣло, то это послѣднее, какъ впервые показалъ Отто Герике, тотчасъ же отталкивается. Въ этомъ можно убѣдиться различными способами. Укажемъ сперва на опытъ съ *электрическими бомбами* (фигура 9-го *опыта*). На наэлектризованный вышеописаннымъ образомъ листъ бумаги кладутъ, напр., кусочки бумаги, немного золы, бузинные шарики, послѣ чего листъ снимаютъ со стола. Тогда всѣ эти мелкіе предметы быстро подскакиваютъ вверхъ. Точно такъ же мы видимъ, что шарикъ электрическаго маятника или соломенка электроскопа, наэлектризовавшись соприкосновеніемъ, тотчасъ же отталкиваются *).

Отталкиваніе послѣ соприкосновенія гораздо лучше обнаруживается тогда, когда наэлектризованное тѣло, вмѣсто того, чтобъ оставаться строго въ соприкосновеніи съ тѣломъ, котораго оно коснулось, какимъ-нибудь образомъ помѣщается на маломъ разстояніи отъ него. Этимъ избѣгается нѣкоторое слипаніе, нарушающее правильность явленія.

Итакъ, для электризованія тѣлъ мы уже обладаемъ двумя способами: тѣло можетъ быть наэлектризованно 1) *треніемъ* и 2) *соприкосновеніемъ съ натертымъ тѣломъ*.

Тѣла, наэлектризованныя нами въ предшествующихъ опытахъ, суть *изо-*

*) Въ двойномъ маятникѣ шарики остаются удаленными другъ отъ друга, пока они наэлектризованы.

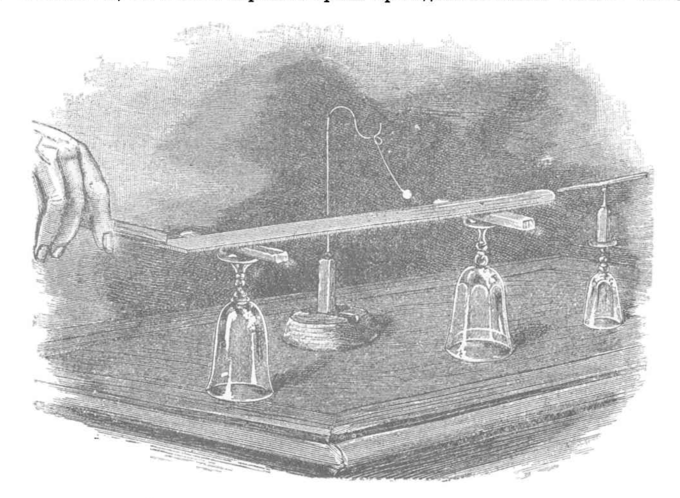
ляторы (уединяющія тѣла): у нихъ притягательная способность хорошо сохраняется въ той части ихъ поверхности, гдѣ эта способность первоначально была вызвана, и лишь болѣе или менѣе медленно распространяется по смежнымъ частямъ.

ТАБЛИЦА I.

Обычныя изолирующія тѣла, расположенныя въ порядкѣ возрастанія уединяющей способности.

Шерстяная матерія.	
Шелкъ.	*Гуттаперча.*
Стекло.	*Каучукъ.*
Сургучъ.	*Шеллакъ.*
Сѣра.	*Параффинъ.*
Смола.	*Эбонитъ*
	Сухой воздухъ (при извѣстныхъ условіяхъ)

Познакомимся теперь съ другимъ разрядомъ тѣлъ, именно тѣхъ, которыя, въ противоположность предшествующимъ, называются *проводниками*: эти тѣла, дѣйствительно, въ весьма короткое время проводятъ по всѣмъ частямъ поверх-



Фиг. 196.—Опытъ надъ электрической проводимостью.

ности электричество, вызванное гдѣ-либо на этой послѣдней. Возьмемъ плоскую и тонкую деревянную линейку (*фиг.* 196) и положимъ ее на двѣ горизонтально расположенныя и служащія подставками сургучныя палочки, затѣмъ коснемся одного изъ концовъ линейки какимъ-нибудь наэлектризованнымъ тѣломъ; тогда, при испытаніи маятникомъ и электроскопомъ съ соломенкой, убѣдимся, что наша линейка наэлектризована на всемъ своемъ протяженіи отъ одного конца до другого. Вмѣсто линейки можно брать длинный плотничій карандашъ, металлическій прутъ, вытянутый плодъ; какъ проводникъ, дѣйствуетъ и изолирующее тѣло, напр., стеклянная палочка, *съ влажной поверхностью*, что всегда бываетъ у гигроскопическихъ тѣлъ *); поэтому всѣ опыты должны производиться только съ хорошо высушенными предметами.

*) *Гигроскопическими* называются тѣла, легко поглощающія влагу.

Человѣческое тѣло, тѣла животныхъ, земля—суть также хорошіе проводники. Достаточно, напр., дотронуться наэлектризованнымъ тѣломъ до клюва птицы, посаженной на уединяющемъ тѣлѣ, положимъ, на стеклянной трубкѣ (фигура 10-го *опыта*), для того, чтобы легкія тѣла начали притягиваться ея хвостомъ и различными частями тѣла. (Тотъ же опытъ можно произвести съ помѣщенной на шелковую подушку собакой).

Если бы птица находилась непосредственно на землѣ или на рукѣ экспериментатора, то она не могла бы быть наэлектризована. Какъ уже ранѣе указано, это легко объясняется тѣмъ, что тогда приходится электризовать не одну только птицу, но птицу вмѣстѣ съ человѣческимъ тѣломъ и землею, которыя всѣ въ совокупности составляютъ одинъ огромный проводникъ, на которомъ присутствіе заряда уже не можетъ быть обнаружено. Отсюда понятно и то, почему невозможно наэлектризовать треніемъ металлическій стержень, если держать его непосредственно въ рукѣ. Напротивъ, если держать его за сухую уединяющую ручку, напр., сургучную или стеклянную, то оно наэлектризуется подобно всякому другому тѣлу. Роль изолятора заключается здѣсь именно въ томъ, что онъ препятствуетъ переходу электричества съ электризуемаго тѣла сперва въ тѣло экспериментатора, а затѣмъ въ землю. Сказанное весьма нетрудно подтвердить на опытѣ.

ТАБЛИЦА II.

Обычные проводники.	Полу-проводники.
Серебро.	*Древесный уголь.*
Мѣдь.	*Коксъ.*
Золото.	*Кислоты.*
Цинкъ.	*Соляные растворы.*
Платина.	*Морская вода.*
Желѣзо.	*Разрѣженный воздухъ.*
Олово.	*Тающій ледъ.*
Свинецъ.	*Сухое дерево.*
Ртуть.	*Сухая бумага.*
Тѣло человѣка и животныхъ.	
Земля.	

Теперь займемся *электрическимъ контрастомъ*, или двойнымъ электризованіемъ. Натремъ, какъ поступалъ въ своихъ опытахъ дю-Фэ, сухую палочку изъ полированнаго стекла кускомъ сукна или фланели, затѣмъ прикосновеніемъ наэлектризуемъ соломенку или маятникъ нашего электроскопа. Рядомъ съ этимъ наэлектризуемъ сургучную или смоляную палочку, натирая ее *другимъ* кускомъ сукна или фланели. Тогда увидимъ, что соломенка наэлектризованная прикосновеніемъ къ стеклу и отталкиваемая послѣднимъ, напротивъ, притягивается сургучной палочкой. Такимъ образомъ, соломенка, не смотря на одинаковыя условія, притягивается сургочомъ и отталкивается стекломъ. Производя опытъ въ обратномъ порядкѣ, получимъ наэлектризованную соломенку, отталкиваемую сургучомъ и притягиваемую стекломъ. Этотъ контрастъ выражаютъ, говоря, что стекло и сургучъ при натираніи сукномъ или фланелью, заряжаются *противоположными электричествами*; электричество, получающееся на полированномъ стеклѣ, натираемомъ шерстяной матеріей, называется *положительнымъ*, а являющееся при тѣхъ же условіяхъ на сургучѣ,—*отрицательнымъ*.

Измѣняя условія опыта, убѣдимся, что всякое тѣло электризуется либо какъ стекло, либо какъ сургучъ или смола (сургучъ, какъ извѣстно, представляетъ собой смѣсь смолистыхъ веществъ), т.-е. либо *положительно*, либо *отрицательно*. Поэтому для опредѣленія „знака заряда“, полученнаго даннымъ тѣломъ, дѣйствіе

послѣдняго всегда сравниваютъ съ дѣйствіемъ полированнаго стекла или сургуча, натертыхъ шерстяной матеріей.

Оба указанные рода электричества возбуждаются одновременно. Въ самомъ дѣлѣ, наэлектризовавъ описаннымъ путемъ сургучную палочку, приблизимъ ее къ электроскопу. Въ случаѣ электроскопа съ соломенкой, послѣдняя сперва притянется, наэлектризуется черезъ соприкосновеніе съ сургучомъ, а затѣмъ оттолкнется. Если же вмѣсто сургуча возьмемъ кусокъ фланели, служившій для натиранія, то соломенка, если только ей не позволили коснуться фланели, будетъ притягиваться къ послѣдней. Если теперь приблизить сургучъ, то соломенка вновь начнетъ притягиваться къ нему. Сургучъ получаетъ *положительный зарядъ*, а натирающее тѣло—*отрицательный*.

ТАБЛИЦА III.

Перечень тѣлъ, расположенныхъ въ такомъ порядкѣ, что при натираніи двухъ изъ нихъ одно о другое, предшествующее, по перечню, электризуется положительно, а послѣдующее—отрицательно.

Полированное стекло.	*Смолы.*
Шерстяныя ткани.	*Матовое стекло.*
Перья.	*Сѣра.*
Дерево.	*Металлы.*
Бумага.	*Каучукъ.*
Шелкъ.	*Гуттаперча.*
Шеллакъ.	

Теперь остается произвести „*электрическій шумъ и огонь*“. Для этой цѣли наэлектризуемъ, какъ указано выше, листъ бѣлой бумаги и приблизимъ къ нему въ темнотѣ палецъ или какое-нибудь тѣло. Тогда отъ бумаги къ этому послѣднему пробѣжитъ искра, принимающая различныя формы (фигура 2-го *опыта*); въ то же время услышимъ характерный трескъ. Послѣ появленія этого свѣта, на листѣ уже нельзя обнаружить присутствія электричества; въ этомъ случаѣ говорятъ, что электрическимъ огнемъ, или *искрою листъ разряжается*.

Такимъ образомъ въ теченіе короткаго времени всякимъ желающимъ могутъ быть произведены тѣ опыты, изъ исторіи которыхъ, приведенной нами въ главныхъ чертахъ, видно, что они занимали ученыхъ всѣхъ странъ въ продолженіе болѣе столѣтія. Наипростѣйшіе пріемы суть вмѣстѣ съ тѣмъ и самые лучшіе и наиболѣе уясняющіе дѣло. Кто видѣлъ изучаемыя явленія своими глазами, тотъ получаетъ о нихъ болѣе правильное, болѣе здравое понятіе, освобождаясь отъ опасности строить воздушные замки, что такъ часто случается съ лицами, изучающими электричество безъ производства соотвѣтствующихъ опытовъ.

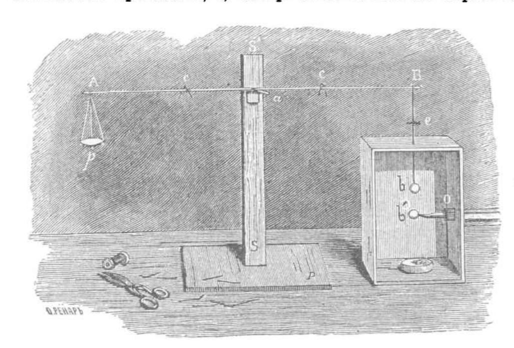
Притяженіе, отталкиваніе, электрическій шумъ и электрическій огонь,—все это *дѣйствительныя,* или *кинетическія* проявленія *потенціальной электрической энергіи,* развиваемой на тѣлахъ треніемъ.

Легче и въ большемъ количествѣ эта форма *потенціальной энергіи* получается посредствомъ особыхъ *машинъ*, называемыхъ *электрическими*. Но прежде чѣмъ обратиться къ этимъ послѣднимъ, воспользуемся явленіями притяженія и отталкиванія для того, чтобы научиться измѣрять, *взвѣшивать электризованіе*, иначе—*электрическій зарядъ* малыхъ тѣлъ, не стараясь, разумѣется, опредѣлить неизвѣстную природу этого заряда.

Измѣримъ сперва притяженіе двухъ бузинныхъ шариковъ, снабженныхъ металлической поверхностью, образуемой, наприм., тонкимъ слоемъ золота,—въ томъ случаѣ, когда одинъ изъ шариковъ b находится въ нейтральномъ состояніи, а другой—b' наэлектризованъ. Первая являющаяся при этомъ мысль—это уравновѣсить электрическое дѣйствіе одного шарика на другой разновѣсками.

Поэтому намъ нужно приготовить особенно деликатные, чувствительные вѣсы съ разновѣсками.

Установимъ вертикально посрединѣ дощечки P (*фиг.* 197) деревянный прутокъ SS', снабженный въ верхней своей части тонкой горизонтальной иглой *a*. PSS' есть *стойка*, а игла *a*—*ось*, или *остріе* нашихъ вѣсовъ. Затѣмъ подберемъ крѣпкую соломенку или для большей прочности, длинный, легонькій и правильно вырѣзанный деревянный прутикъ съ круглымъ и аккуратно сдѣланнымъ отверстіемъ посрединѣ, которымъ прутикъ AB надѣвается на иглу *a*. Этотъ прутикъ, могущій чрезвычайно легко и свободно вращаться около иглы *a*, называется *коромысломъ*. Къ концу A коромысла привѣшивается чашечка *p*—кружочекъ, вырѣзанный изъ обыкновенной бумаги и снабженный по окружности тремя отверстіями, чрезъ которыя пропущены три одинаковой длины ниточки, удерживаемые внизу узелками. Другіе концы всѣхъ трехъ ниточекъ вмѣстѣ прикрѣпляются въ A. Въ B на нити или на соломенкѣ подвѣшивается бузинный шарикъ *b*,—тѣло, подлежащее притяженію. Для установленія равновѣсія, т.-е. для приведенія коромысла въ строго горизонтальное положеніе берутъ узенькія полоски бумаги, сложенныя крючкомъ, *c*, которыя вѣшаются на коромысло въ надлежащихъ точкахъ, которыя нетрудно подобрать. Эти кусочки бумаги называются *рейтерами* (всадниками). Для обезпеченія устойчиваго равновѣсія, подъ остріемъ *a*, перпендикулярно къ коромыслу, прилаживаютъ къ стойкѣ кусочекъ дерева, имѣющій относительно большіе размѣры. Вмѣстѣ съ тѣмъ приготовляютъ себѣ одинаковые разновѣски—весьма ничтожнаго вѣса,—нарѣзая равной длины кусочки тонкой и правильной нити, вѣсъ которой извѣстенъ. Надлежащимъ образомъ измѣняя длину этихъ кусочковъ, сдѣлаемъ себѣ нѣчто въ родѣ ящика съ разновѣсками, для нашей цѣли. Въ заключеніе описанныхъ приготовленій помѣстимъ подъ B какую-нибудь камеру, ящикъ, снабженный въ верхней сторонѣ отверстіемъ, пропускающимъ нить, на которой виситъ шарикъ *b*. Къ этой нити на нѣкоторомъ разстояніи отъ шарика горизонтально прикрѣпляется соломенка *e*, не проходящая чрезъ отверстіе и потому задерживающая въ извѣстный моментъ движеніе шарика внизъ. Кромѣ того, ящикъ снабженъ еще однимъ боковымъ отверстіемъ *o*, чрезъ которое вводится наэлектризованный шарикъ *b'*, насаженный на заостренный конецъ тоненькой сургучной палочки. Для устраненія шатанія палочки въ отверстіи, послѣдняя продѣвается сквозь пробковый кружокъ, который помѣщается на такомъ разстояніи отъ шарика *b'*, чтобы при положеніи пробочки въ отверстіи шарики *b* и *b'* находились какъ разъ на одной вертикальной линіи.



Фиг. 197.—Измѣреніе притяженія.

Внизу въ ящикѣ помѣщаютъ осушающія вещества (негашеная известь, хлористый кальцій, сѣрная кислота) для полнаго удаленія влаги изъ воздуха, заключающагося въ камерѣ; этимъ въ значительной мѣрѣ предотвращается потеря электричества, что при извѣстной сноровкѣ и ловкости, позволяетъ производить измѣреніе достаточно спокойно.

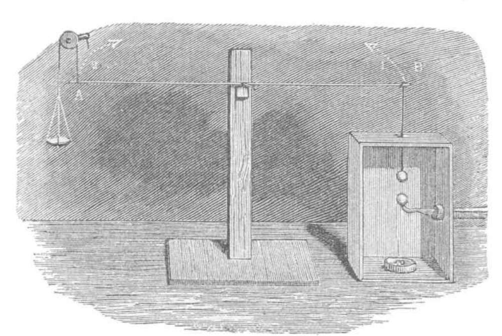
Когда шарикъ *b'* введенъ въ камеру, то шарикъ *b* устремляется къ при-

тягивающему его шарику и тотчасъ же прилипъ бы къ нему, если бы не помѣшала задержка *e*.

Для возстановленія равновѣсія кладутъ щипчиками въ чашку *p* кусочки нитки, служащіе намъ разновѣсками. Общимъ вѣсомъ всѣхъ потребовавшихся для этого разновѣсокъ и измѣряется притяженіе. Точнѣе это притяженіе измѣряется вѣсомъ тѣхъ нитокъ, которыя требовалось бы наложить на шарикъ *b*, по удаленіи шарика *b'*, для новаго возстановленія равновѣсія, т.-е. для того, чтобы уравновѣсить уже положенныя на чашку нитки, такъ какъ устроенные нами вѣсы не совсѣмъ вѣрны.

Если требуется измѣрить отталкиваніе, то предъидущіе вѣсы не годятся, такъ какъ отталкиваніе шарика и разновѣски въ чашкѣ поворачиваютъ коромысло въ одну и ту же сторону. Но измѣреніе дѣлается возможнымъ послѣ легкаго измѣненія описанныхъ вѣсовъ, состоящаго въ томъ, что къ верхнему концу нитокъ, удерживающихъ чашку, прикрѣпляется (*фиг.* 198) нить, которую, прежде чѣмъ прикрѣпить къ коромыслу, перекидываютъ черезъ маленькій блокъ *r*; кромѣ того, шарикъ *b* подвѣшивается уже не на нити, а на тоненькомъ, но неподатливомъ прутикѣ, сдѣланномъ изъ какого-нибудь уединяющаго вещества; наконецъ, задержки *e* здѣсь нѣтъ.

Введенный въ камеру наэлектризованный шарикъ *b'* притягиваетъ шарикъ *b*, который, придя въ соприкосновеніе съ первымъ, электризуется одинаково съ нимъ и вслѣдъ за тѣмъ отталкивается; благодаря этому, коромысло поворачивается по направленію стрѣлки 1. Кладя въ чашку нитки-разновѣски, стараемся повернуть коромысло въ направленіи стрѣлки 2 до приведенія его въ горизонтальное положеніе, и затѣмъ измѣряемъ взаимное отталкиваніе шариковъ такъ же, какъ ранѣе измѣрили притяженіе



Фиг. 198.—Измѣреніе отталкиванія.

Измѣреніе притяженія и отталкиванія можетъ быть осуществлено помощью другихъ, не столь прямыхъ, но зато болѣе чувствительныхъ пріемовъ, къ которымъ подготовили насъ предшествующіе.

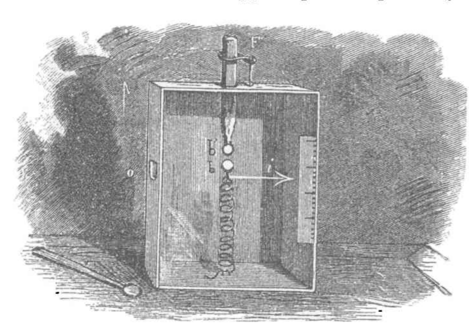
Закрутивъ спирально на цилиндрическомъ стерженькѣ весьма тонкую проволоку, и вынувъ затѣмъ стерженекъ, получимъ чрезвычайно нѣжную пружину R (*фиг.* 199). Къ одному концу этой пружинки прикрѣпляетъ сургучомъ бузинный шарикъ *b*, другой же конецъ ея прикрѣпляется ко дну ящика; послѣдній служитъ для предохраненія деликатной пружинки отъ движенія воздуха; кромѣ того, въ немъ находятся осушающія вещества. Крышка ящика снабжена отверстіемъ, черезъ которое вводится наэлектризованный шарикъ *b'*, укрѣпленный на заостренномъ концѣ изолирующей ручки. Послѣдняя удерживается въ кольцѣ, образуемомъ концомъ желѣзной проволоки F. Это кольцо можно легко расширить и затѣмъ сдавить, благодаря чему въ немъ легко передвигать ручку и такимъ образомъ приближать или удалять другъ отъ друга шарики *b'* и *b*.

Когда введемъ наэлектризованный шарикъ *b'*, то шарикъ *b* сначала притянется, придетъ въ соприкосновеніе съ *b'*, получитъ зарядъ того же наименованія, какъ и у шарика *b'*, и затѣмъ тотчасъ же оттолкнется.

Указатель (стрѣлка), *i*, прикрѣпленный къ пружинѣ и двигающійся противъ скàлы съ дѣленіями, покажетъ сжатіе пружины. Произведя такое же сжатіе наложеніемъ гирекъ, получимъ величину отталкиванія, выраженную вѣсовымъ числомъ.

Если въ то время, когда шарики *b* и *b'* такимъ образомъ наэлектризованы, черезъ боковое отверстіе *o* введемъ третій шарикъ, по величинѣ равный *b* и находящійся въ нейтральномъ состояніи, то отъ соприкосновенія его съ шарикомъ *b*, послѣдній, какъ принято считать, потеряетъ половину своего заряда, что̀ согласно съ закономъ симметріи; въ самомъ дѣлѣ, нельзя допустить, чтобы послѣ соприкосновенія двухъ совершенно одинаковыхъ шариковъ на нихъ не оказалось равныхъ зарядовъ. Въ этомъ легко убѣдиться изъ опыта, установивъ теперь равновѣсіе такимъ образомъ, чтобы разстояніе между шариками сдѣлалось тѣмъ же, какъ и въ предъидущемъ случаѣ; тогда окажется, что отталкиваніе сдѣлалось вдвое меньшимъ.

Касаясь затѣмъ въ другой разъ шарика *b* равнымъ ему и нейтральнымъ шарикомъ, опять уменьшимъ отталкиваніе вдвое, т.-е. сдѣлаемъ его вчетверо меньше противъ отталкиванія, существовавшаго до перваго прикосновенія. Сколько бы разъ мы ни повторяли эти опыты, отталкиваніе всегда будетъ уменьшаться по одному и тому закону; это выражаютъ, говоря, что *отталкиваніе пропорціонально заряду шарика b'*, причемъ оно направлено по прямой, соединяющей центры двухъ шариковъ.



Фиг. 199.—Другой способъ измѣренія притяженія и отталкивані

Сказанное, очевидно, относится и къ шарику *b*, ничѣмъ не отличающемуся отъ *b'*.

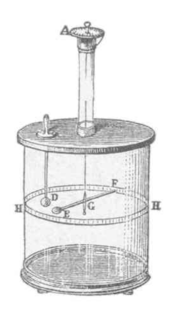
Оставляя заряды на шарикахъ неизмѣнными, но уменьшая разстояніе между ними *bb'*, убѣдимся, что при увеличеніи разстоянія вдвое, отталкиваніе дѣлается въ дважды два, т.-е. въ четыре раза меньше, при увеличеніи разстоянія втрое, отталкиваніе уменьшается въ трижды три, т.-е. въ девять разъ, и т. д. Это выражаютъ, говоря, что *отталкиваніе, происходящее между двумя наэлектризованными шариками b и b', не только пропорціонально зарядамъ каждаго изъ нихъ, но и измѣняется обратно пропорціонально квадрату ихъ разстоянія.*

Въ этомъ состоятъ два закона Кулона*), которымъ одинаково подчиняются *элементарныя* электрическія притяженія и отталкиванія, т.-е. происходящія между малыми наэлектризованными тѣлами, или, говоря общѣе, между различными *элементами*, частями наэлектризованныхъ тѣлъ, независимо отъ размѣровъ этихъ тѣлъ.

При своихъ работахъ, относящихся къ этому предмету, знаменитый физикъ пользовался не совсѣмъ тѣми пріемами, которые мы употребляли въ предшествующихъ опытахъ. Его приборъ, его вѣсы отличались еще большей чувствительностью; онъ уравновѣшивалъ электрическія притяженія и отталкиванія

*) Шарль-Огюстэнъ де Кулонъ, род. въ Ангулемѣ въ 1736 г., ум. въ 1806 г., былъ членомъ академіи наукъ; его труды, трактующіе о притяженіи и отталкиваніи, о треніи и т. д., напечатаны въ *Запискахъ академіи наукъ;* въ 1779 г. онъ написалъ сочиненіе подъ заглавіемъ: *Изслѣдованія надъ способами производства подъ водою всевозможныхъ гидравлическихъ работъ безъ всякаго истощенія силы.*

крученіемъ серебряной проволоки, до такой степени тонкой, что метръ ея вѣсилъ одинъ сантиграммъ. Дѣйствительно, взаимное притяженіе и отталкиваніе шариковъ настолько ничтожно, что оно побѣждается уже весьма незначительной силой крученія. Эти вѣсы, механизмъ которыхъ понятенъ съ перваго взгляда, представлены на фигурѣ 200. По оси стеклянной трубки вертикально спускается привѣшенная въ A серебряная проволока, поддерживающая тонкую изолирующую стрѣлку G. Къ одному концу стрѣлки прикрѣпленъ шарикъ E, а другой конецъ снабженъ противовѣсомъ F. Чрезъ отверстіе въ крышкѣ стекляннаго ящика вводятъ второй шарикъ D, который помѣщаютъ такъ, чтобъ онъ касался перваго. Затѣмъ до обоихъ шариковъ дотрогиваются наэлектризованной палочкой, которую вводятъ чрезъ другое отверстіе въ крышкѣ; наэлектризовавшись, шарики отталкиваются и болѣе или менѣе закручиваютъ проволоку; уголъ удаленія двухъ шариковъ отсчитывается на бумажной полоскѣ съ дѣленіями HH. Понятно, что если крученіе проволоки предварительно отнесено къ вѣсовымъ мѣрамъ, то описанные вѣсы позволяютъ опредѣлить изучаемое электрическое дѣйствіе вѣсовыми мѣрами. Значительнымъ неудобствомъ, затрудняющимъ подобные опыты, является быстрая потеря заряда, благодаря которой весьма легко получить совершенно невѣрные результаты.

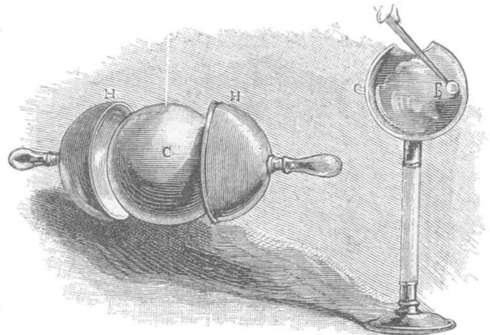


Фиг. 200.
Вѣсы Кулона.

Вернемся теперь къ опыту съ пружинными вѣсами и покажемъ, какимъ образомъ опредѣляется *единица электрическаго заряда.*

Если два равные шарика, *b* и *b'*, имѣющіе послѣ соприкосновенія одинаковый зарядъ, уравновѣшиваютъ другъ друга при разстояніи между ними въ одинъ сантиметръ, то они, какъ принято выражаться, обладаютъ *единицей заряда* въ томъ случаѣ, если, по удаленіи шарика *b*, на пружину для сообщенія ей прежней степени сжатія, нужно положить одну дину *). Если зарядъ какого-либо тѣла можетъ сообщить *единицу заряда* 20, 30..., такимъ шарикамъ, какъ *b* или *b'*, то величину этого заряда опредѣляютъ числомъ въ 20, 30,...

Умѣя, такимъ образомъ, сравнивать заряды, получаемые какимъ-нибудь шарикомъ *b'*, или металлическимъ кружкомъ, насаженнымъ, подобно шарику, на концѣ изолирующей палочки и называемымъ *пробной пластинкой*, легко показать, что *въ данной точкѣ поверхности проводника зарядъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ болѣе проводникъ заостренъ въ этой точкѣ;* электричество скопляется на углахъ и остріяхъ; такъ какъ на поверхности шара, всѣ точки



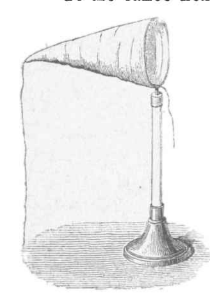
Фиг. 201.—Электричество распредѣляется на внѣшней поверхности проводника.

*) Дина вѣситъ 1,01... миллигр. Опредѣленіе ея будетъ сдѣлано впослѣдствіи. Указанная единица принята для измѣренія заряда, подобно тому, какъ метръ — для измѣренія длины. Передъ числовой величиной заряда ставатъ знакъ + въ томъ случаѣ, когда онъ положительный, или знакъ — въ случаѣ отрицательнаго заряда.

одинаковы, то и зарядъ здѣсь оказывается повсюду одинаковымъ, — *распредѣленіе* электричества вездѣ одно и то же.

Докажемъ сперва, что на внутренней поверхности полаго проводника зарядъ равенъ нулю; другими словами, что *электрическій зарядъ распредѣляется только на наружной поверхности проводника*. Для этого наэлектризуемъ изолированный полый проводникъ С (*фиг.* 201) и дотронемся до какой-нибудь точки внутренней его поверхности пробнымъ шарикомъ *b'*; при испытаніи шарика помощью вѣсовъ или электроскопа не обнаружится никакого движенія.

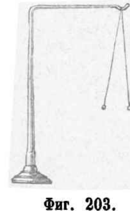
То же самое можно доказать слѣдующимъ опытомъ. Подвѣсимъ на изолирующей нити наэлектризованный массивный проводникъ С (*фиг.* 201) и покроемъ его двумя полыми металлическими полушаріями НН, съ изолирующими ручками. Если затѣмъ снимемъ ихъ съ покрываемаго ими проводника, то убѣдимся, что полушарія наэлектризованы, между тѣмъ какъ шаръ С оказывается въ нейтральомъ состояніи; слѣдовательно, зарядъ шара весь перешелъ на внѣшнюю поверхность полушарій, или, что то же, на внѣшнюю поверхность того новаго проводника, который составился изъ шара вмѣстѣ съ наложенными на него полушаріями.



Фиг. 202.
На электризованный сачекъ для ловли бабочекъ.

Наэлектризованный и изолированный сачекъ для ловли бабочекъ (*фиг.* 202 испытываютъ пробной пластинкой, дотрогиваясь сперва до внутренней, затѣмъ до внѣшней поверхности; присутствіе электричества обнаруживается только на внѣшней поверхности. Если посредствомъ шелковой нити вывернуть сѣтку, то пробная пластинка покажетъ, что внутренняя поверхность сѣтки, только-что бывшая наружной, находится теперь въ нейтральномъ состояніи, а наэлектризована только новая внѣшняя поверхность.

Если, наэлектризовавъ оловянную ленту, прикрѣпленную однимъ концомъ къ стеклянной палочкѣ, навертывать ее на палочку, вращая послѣднюю, то вслѣдствіе все| бо̀льшаго и большаго уменьшенія открытой поверхности ленты, зарядъ будетъ скопляться на остающейся поверхности, благодаря чему два бузинныхъ шарика, привѣшенные рядомъ на свободномъ концѣ ленты, станутъ все болѣе удаляться другъ отъ друга.



Фиг. 203.
Двойной маятникъ.

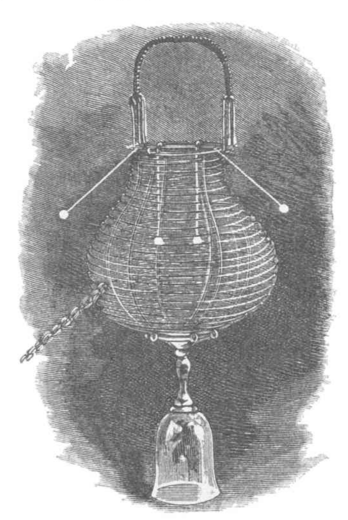
Тотъ же опытъ можно произвести съ металлической цѣпочкой вмѣсто ленты. Обыкновенно кладутъ цѣпочку на проводящую изолированную площадку, къ которой привѣшенъ *двойной маятникъ* (*фиг.* 203). Если поднимать одинъ конецъ цѣпочки помощью стеклянной палочки, то поверхность проводника будетъ увеличиваться и распредѣленіе заряда, благодаря этому, измѣняться; отъ этого отталкиваніе между шариками будетъ уменьшаться. Напротивъ, послѣднее уменьшится, если цѣпь свернуть, такъ какъ при этомъ, вслѣдствіе большей площади соприкосновенія звеньевъ, общая свободная поверхность проводника уменьшается.

Таково распредѣленіе электричества на поверхности *проводящихъ* тѣлъ (въ *изоляторахъ* зарядъ остается въ томъ самомъ мѣстѣ, въ которомъ онъ первоначально былъ возбужденъ, безразлично, находится ли оно на внутренней, или на внѣшней поверхности) во всѣхъ случаяхъ, даже и тогда, когда проводникъ представляетъ собою сѣтку съ густыми петляли, въ чемъ мы убѣдились изъ опыта съ сачкомъ для ловли бабочекъ, принадлежащаго Фарадею.

Возьмемъ еще изолированную корзинку изъ желѣзной проволоки (*фиг.* 204); подвѣсивъ къ ней снаружи и внутри бузинные шарики и соединимъ её съ электрической машиной. Тогда внѣшніе шарики будутъ отталкиваться корзинкой, между тѣмъ какъ внутренніе останутся въ покоѣ.

Фарадей произвелъ описанный опытъ въ большомъ масштабѣ. Вотъ какъ описываетъ его самъ Фарадей: „Я устроилъ большую кубическую камеру, имѣвшую 12 фут. длины, ширины и вышины и состоявшую изъ легкаго деревяннаго остова, пронизаннаго въ различныхъ направленіяхъ мѣдной проволокой, такъ что стѣнки, въ сущности, представляли собой рѣшетки. Камера была покрыта бумагой, которая была соединена съ проволокой и со всѣхъ сторонъ обернута оловянными листами, такъ что камера во всѣхъ своихъ частяхъ представляла хорошій проводникъ и вся могла быть хорошо соединена съ электрической машиной. Я вошелъ въ свою камеру, пробылъ въ ней достаточно времени, но не замѣтилъ никакого дѣйствія на внесенныя туда зажженныя свѣчи, электроскопы, вполнѣ пригодные для обнаруженія присутствія электричества, несмотря на то, что камера во все это время была сильно заряжена и изъ внѣшней поверхности ея безпрестанно выходили большія искры и кисти“.

Эти опыты показываютъ, что электрическій зарядъ располагается весь на внѣшней поверхности *проводящаго тѣла,* благодаря чему, тѣло, помѣщенное внутри проводника, совершенно изъято отъ дѣйствія наэлектризованныхъ тѣлъ, лежащихъ внѣ проводника, такъ что изолированный полый проводникъ можетъ служить для помѣщеннаго въ немъ тѣла вполнѣ надежной защитой отъ электрическихъ дѣйствій внѣшнихъ тѣлъ.



Фиг. 204.—Распредѣленіе электричества на сѣтчатомъ проводникѣ.

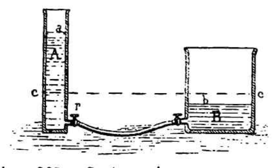
Для сравненія зарядовъ въ двухъ точкахъ на поверхности какого-нибудь наэлектризованнаго тѣла, къ нимъ дотрогиваются шарикомъ b' (во избѣжаніе невѣрныхъ результатовъ вслѣдствіе потери электричества, промежутокъ времени между обоими прикосновеніями долженъ быть какъ можно короче) и оба раза измѣряютъ помощью вѣсовъ зарядъ, полученный шарикомъ. При такихъ измѣреніяхъ легко замѣтить, что зарядъ тѣмъ больше, чѣмъ болѣе заостренный видъ имѣетъ испытываемая часть поверхности. Принимаютъ, что пробная пластинка получаетъ зарядъ, равный, или, по крайней мѣрѣ, пропорціональный заряду проводника въ испытываемой точкѣ. Это допущеніе оправдывается, въ извѣстной степени, тѣмъ обстоятельствомъ, что при испытаніи шаровой поверхности,—симметричной по преимуществу,—пробная пластинка обнаруживаетъ всюду одинаковый зарядъ. Для обозначенія величины заряда въ той или другой точкѣ на поверхности проводника, т.-е. для обозначенія характера распредѣленія заряда, пользуются понятіемъ *электрической плотности*; послѣдняя есть тотъ зарядъ, которымъ обладаетъ весьма малая часть поверхности въ окружности данной точки.

Такъ какъ тѣла, заряженныя однороднымъ электричествомъ, отталкиваются, то ясно, что наэлектризованные элементы, образующіе поверхность даннаго тѣла, должны отталкиваться между собой; отъ этого поверхность должна находиться въ состояніи нѣкотораго напряженія; дѣйствительно, если части поверхности обладаютъ подвижностью, то они приходятъ въ движеніе. Такъ, мыльный пузырь, когда его электризуютъ, увеличивается въ объемѣ, не измѣняясь въ своей формѣ, откуда слѣдуетъ, что пузырь увлекается наружу по направленію, перпендикулярному къ поверхности и повсюду съ одинаковою силою. Дѣло

при этомъ происходитъ совершенно такъ, какъ если бы воздухъ, заключающійся внутри пузыря сталъ увеличиваться въ объемѣ.

Такимъ же образомъ надувается и сѣтка Фарадея, когда её электризуютъ. Англійскій физикъ Симмеръ разсказываетъ, что его шелковые чулки электризуются всякій разъ, когда онъ снимаетъ ихъ, при чемъ они не спадаются, а повторяютъ въ это время форму ноги.

То отталкивательное дѣйствіе, которое стремится увлечь наружу элементъ обнимающій данную точку поверхности проводника, называется *электростатическимъ давленіемъ,* или также *электрическимъ напряженіемъ* въ данной точкѣ. Оно направлено наружу и нормально къ поверхности проводника и, очевидно, должно возрастать съ электрическою плотностью въ разсматриваемой точкѣ; поэтому оно гораздо сильнѣе на углахъ и остріяхъ, чѣмъ на плоскихъ частяхъ или на частяхъ поверхности, принадлежащей шару съ большимъ радіусомъ.

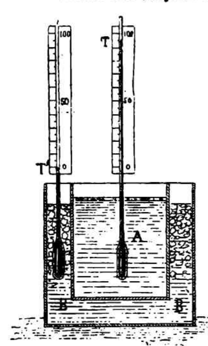


Фиг. 205.—Сообщающіеся сосуды: жидкости.

Теперь перейдемъ къ выясненію другой, весьма важной, стороны электрическихъ явленій, именно той, которою опредѣляется распредѣленіе электричества между проводниками, соединенными между собою посредствомъ металлической проволоки. Мы говоримъ о *потенціалѣ.*

Роль потенціала, или лучше, *разности потенціаловъ,* существующей между двумя проводниками, выяснится изъ слѣдующихъ сравненій.

Если въ двухъ сообщающихся сосудахъ—А и В (*фиг.* 205) содержится вода, уровень которой *a* въ сосудѣ А выше, чѣмъ уровень *b* въ сосудѣ В, то, какъ только откроемъ кранъ *г* у сообщающей трубки, вода тотчасъ же начинаетъ переливаться изъ сосуда А въ сосудъ В. Итакъ, тутъ образуется токъ воды, идущій отъ А къ В, причемъ количество переходящей воды тѣмъ больше, чѣмъ больше разность уровней *a* и *b*. Въ этомъ примѣрѣ совершенно очевидно, что переливаніе опредѣляется не отношеніемъ количествъ жидкости, содержащихся въ томъ и другомъ сосудахъ, а единственно только **разностью уровней.** Такъ, изъ ничтожнаго источника вода устремляется въ море только потому, что уровень воды въ источникѣ выше уровня моря.



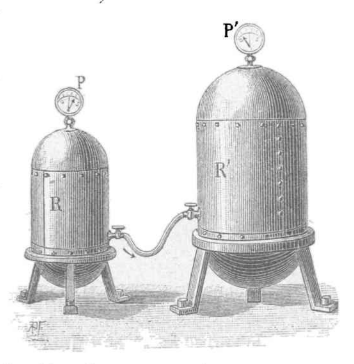
Фиг. 206.—Уравниваніе температуръ: тепловой токъ.

Равновѣсіе, состояніе покоя устанавливается лишь тогда, когда **уровни жидкости въ обоихъ сосудахъ выравниваются.**

Подобно этому и распредѣленіе теплоты между двумя тѣлами опредѣляется **разностью ихъ температуры.** Если изъ двухъ тѣлъ А и В (*фиг.* 206) температура у А, какъ показываетъ термометръ Т, выше температуры тѣла В, указываемой термометромъ T' то, какъ скоро тѣла будутъ приведены въ соприкосновеніе, начнется переходъ теплоты отъ А къ В; термометръ Т станетъ понижаться, а термометръ T'—повышаться до тѣхъ поръ, пока показанія обоихъ не сравняются.

Наконецъ, пусть R и R (*фиг.* 207) будутъ два сосуда, пріемника, той или иной формы и емкости, наполненные воздухомъ. Соединенные съ этими сосудами манометры P, P', т. е. приборы, показывающіе давленіе газа, показываютъ намъ давленіе, подъ какимъ находится воздухъ въ томъ и другомъ сосудахъ. Положимъ, что давленіе въ R больше, нежели въ R'. Когда открываютъ кранъ *r* у соединяющей трубки, манометръ P тотчасъ же понижается, между тѣмъ какъ P' повышается, показанія манометровъ становятся одинаковыми, выражаются теперь од-

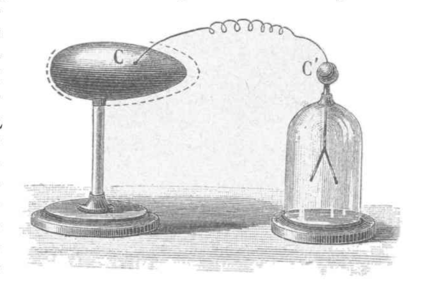
нимъ числомъ, промежуточнымъ между обоими первоначальными показаніями,— т. е. между сосудами устанавливается равновѣсіе. Въ теченіе того промежутка времени, когда давленія въ обоихъ сосудахъ выравнивались, изъ R въ R′ переходилъ воздухъ. Переходъ слѣдовательно, совершается изъ мѣстъ большаго давленія въ мѣста меньшаго давленія и прекращается въ тотъ моментъ, когда давленіе становится одинаковымъ во всей системѣ. Итакъ, направленіе перехода и количество переходящаго воздуха опредѣляются **разностью давленій**. То обстоятельство, что сосудъ R имѣетъ вмѣстимость меньшую, чѣмъ сосудъ R′—содержитъ меньшее вѣсовое количество воздуха, не играетъ при этомъ никакой роли: часть воздуха изъ него стремится перейти въ другой сосудъ въ силу того, что давленіе его въ первомъ больше, чѣмъ въ послѣднемъ.



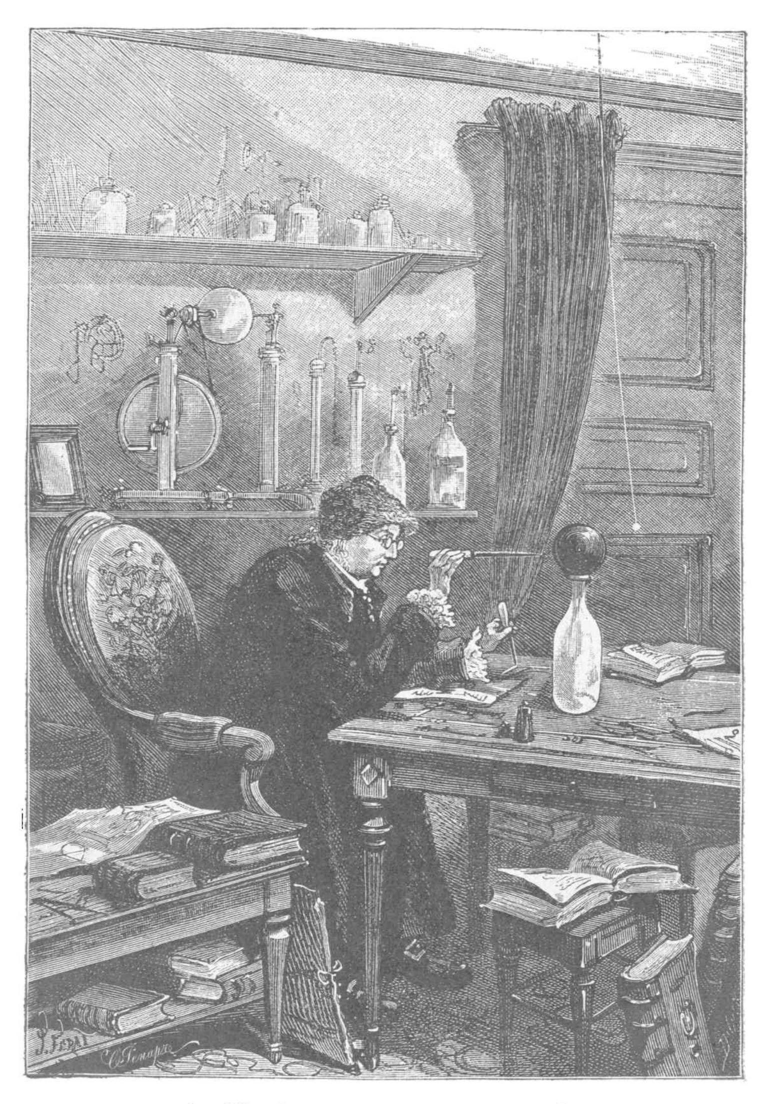
Фиг. 207.—Сообщающіеся пріемники: газовый токъ.

То же самое происходитъ и съ наэлектризованными тѣлами; и здѣсь мы точно также встрѣчаемъ нѣкоторый факторъ, опредѣляющій распредѣленіе электричества на поверхности проводниковъ. Если два тѣла, заряженныя, напр., положительно, приведены въ сообщеніе посредствомъ проволоки (*фиг.* 208) то тѣло, уступающее часть своего заряда другому, имѣетъ болѣе *высокій потенціалъ*, причемъ убыль электричества у этого тѣла C, равная прибыли у проводника съ болѣе низкимъ потенціаломъ C′, тѣмъ больше, чѣмъ больше самая **разность потенціаловъ**. Равновѣсіе устанавливается въ тотъ моментъ, когда потенціалъ дѣлается одинаковымъ во всей системѣ.

Если конецъ соединяющей проволоки станемъ перемѣщать на поверхности проводника C, то, какъ показываютъ соломенки въ электроскопѣ C′, *равновѣсіе не нарушается*; отсюда слѣдуетъ, что не электрическая плотность въ точкѣ соприкосновенія, какъ можно было бы подумать, вліяетъ на переходъ электричества съ одного проводника на другой, — что этотъ переходъ совершается въ силу нѣкотораго особеннаго свойства заряда. Это-то свойство и называютъ *потенціаломъ заряда*. Изъ двухъ равныхъ количествъ воздуха, заключенныхъ въ резервуары неодинаковой емкости, меньшее давленіе оказываетъ то, которое заключено въ большій резервуаръ. Подобно этому, данный зарядъ сообщаетъ проводнику тѣмъ меньшій потенціалъ, чѣмъ больше поверхность проводника; подобно резервуару, и электрическій проводникъ имѣетъ свою емкость, зависящую отъ формы и размѣровъ его поверхности. *Электроемкость* у большого шара больше, чѣмъ у малаго. Если бы зарядъ, принадлежащій малому шару, находился на большомъ, то его потенціалъ былъ бы ниже, стремленіе заряда отдѣлиться отъ этого шара было бы меньше. Если вообразимъ, что емкость резервуара R′ (*фиг.* 207) чрезвычайно велика по сравненію съ емкостью резервуара



Фиг. 208.—Сообщающіеся наэлектризованные проводники: электрическій токъ.



Фиг. 209 —Франклинъ, наблюдающій свойство остріевъ.

R, то токъ воздуха, устремляющійся изъ R въ R′ не въ состояніи былъ бы замѣтно измѣнить давленіе P′ въ этомъ послѣднемъ; другими словами, можно сказать, что давленіе въ резервуарѣ R, послѣ соединенія съ резервуаромъ R′ также сдѣлалось бы равнымъ P′. Земля, какъ проводникъ, играетъ ту же роль по отношенію ко всякому другому проводнику, какъ резервуаръ R′ по отношенію къ резервуару R, имѣющему сравнительно ничтожные размѣры, т. е. всякій проводникъ, будучи приведенъ въ сообщеніе съ землею, принимаетъ ея потенціалъ. Этотъ послѣдній условились считать за нуль. *Всякій потенціалъ большій потенціала земли, считаютъ положительнымъ, а меньшій—отрицательнымъ* *).

Въ то время, когда потенціалы различныхъ проводниковъ соединенныхъ посредствомъ проволокъ, стремятся уравниться между собою, эти послѣднія находятся въ особенномъ дѣятельномъ состояніи; по нимъ проходитъ *электрическій токъ*, подобно тому, какъ по соединительнымъ трубкамъ между двумя сообщающимися сосудами, уравнивающими свои уровни или давленія, проходитъ токъ воды или воздуха.

Когда разница давленій на соотвѣтствующія стѣнки пріемниковъ R′ и R становится слишкомъ велика, то оболочка у нихъ разрывается и газъ вырвается наружу. Воздухъ, раздѣляющій два наэлектризованныхъ тѣла, играетъ роль стѣнки между ними; онъ вынуждаетъ заряды оставаться на соотвѣтствующихъ проводникахъ. Но сопротивленіе этой стѣнки имѣетъ извѣстные предѣлы, такъ что если разность потенціаловъ двухъ проводниковъ достигаетъ достаточной величины, то воздухъ въ извѣстномъ направленіи, такъ сказать, разрывается, и между проводниками перескакиваетъ искра, производящая то же самое, что́ произошло бы въ случаѣ соединенія двухъ проводниковъ посредствомъ проволоки. Такой разрядъ, происходящій при разрывѣ изолятора, называется *разрывнымъ разрядомъ*. Разстояніе, отдѣляющееся два тѣла въ моментъ появленія между ними искры, называется *разряднымъ разстояніемъ*. По разрядному разстоянію, предѣльному для появленія искры между двумя наэлектризованными тѣлами при данныхъ условіяхъ, можно судить приблизительно о той разности потенціала, какую эти тѣла могутъ представлять при этихъ условіяхъ.

Сдѣлавъ эти необходимыя замѣчанія, вернемся къ *электрическимъ машинамъ*. О машинахъ съ *треніемъ* мы скажемъ лишь нѣсколько словъ, въ виду того, что эти машины въ настоящее время представляютъ только историческій и теоретическій интересъ.

Наиболѣе древняя изъ нихъ и въ то же время, конечно, и наиболѣе примитивная—это уже ранѣе описанная машина Отто Герике. На фигурѣ 187 изображена машина, которою пользовался аббатъ Нолле́, около средины XVIII столѣтія. Она состоитъ изъ стекляннаго шара, которому сообщается быстрое вращательное движеніе помощью большого колеса и безконечнаго ремня. Натирающимъ тѣломъ служили приложенныя къ шару руки экспериментатора. Но для этой цѣли годились далеко не всякія руки, такъ какъ требовалось, чтобы онѣ были совершенно сухими. Руки аббата Нолле, разсказываетъ французскій физикъ Сиго-де-ла-Фонъ, были особенно пригодны для возбужденія электрической силы....

Съ электризуемаго шара электричество посредствомъ цѣпи передается металлическому проводнику (кондуктору) подвѣшенному на шелковыхъ шнурахъ, перекинутыхъ чрезъ блоки (*фиг.* 186). Этотъ кондукторъ, есть резервуаръ, изъ котораго берется электричество прикосновеніемъ или проведеніемъ. Устройство его принадлежитъ Бо̀зе, профессору университета въ Виттенбергѣ; онъ пользовался жестяной трубкой, которую держалъ помощникъ, стоявшій на смоляномъ кругѣ.

Такъ какъ при случавшихся иногда разрывахъ шара осколки летѣли прямо

*) Разности потенціаловъ измѣряются помощью приборовъ, называемыхъ *электрометрами*, которые будутъ описаны ниже.

на наблюдателя, натиравшаго его, то вмѣсто натиранія руками было введено натираніе такъ-называемыми подушками Винклера—шерстяными или кожаными.

Въ нѣкоторыхъ машинахъ, наприм., въ машинѣ лейденскаго физика Мушенбрёка, вмѣсто шара употреблялся стеклянный цилиндръ, который представляетъ то преимущество, что здѣсь натирается большая поверхность. Такъ какъ такіе цилиндры, вслѣдствіе трудности ихъ приготовленія, стóятъ очень дорого, то у Сиго-де-ла-Фóна явилась мысль воспользоваться, въ качествѣ подвижной части машины, стекляннымъ кругомъ. Въ 1766 г. эта идея получила новую поддержку въ лицѣ англійскаго оптика Рамсдена.

Но для надлежащаго уясненія дѣйствія послѣднихъ машинъ съ треніемъ, типа Рамсдена, Нэрна и т. п., необходимо предварительно познакомиться со *свойствомъ остріевъ*, которое открыто Франклиномъ въ 1747 г. Вотъ какъ знаменитый ученый описываетъ это открытіе въ письмѣ къ одному изъ своихъ друзей, Коллинсону, члену лондонскаго Королевскаго Общества:

„Въ послѣднемъ своемъ письмѣ я извѣщалъ Васъ, что при нашихъ изслѣдованіяхъ въ области электричества, мы наблюдали нѣсколько своеобразныхъ и, повидимому, новыхъ явленій. Первое изъ этихъ явленій — это поразительное дѣйствіе остріевъ—*вытягиваніе* и *испусканіе* ими электрическаго огня*). Вотъ примѣръ. Приложите ядро 3 — 4 дюймовъ въ діаметрѣ къ отверстію совершенно чистой и сухой бутылки (*фиг.* 209); какъ разъ противъ отверстія бутылки подвѣсьте къ потолку на шелковой нити пробковый шарикъ величиной съ обыкновенную ружейную пулю, причемъ длина нити должна быть такова, чтобы шарикъ помѣстился какъ разъ надъ ядромъ. Когда вы наэлектризуете ядро, пробковый шарикъ оттолкнется, смотря по количеству электричества, на разстояніе отъ 4 до 5 дюймовъ. Если вы теперь въ 6—8 дюймахъ отъ ядра помѣстите остріе длиннаго и тонкаго шила, то отталкиваніе мгновенно уничтожится и шарикъ устремится къ ядру. Для произведенія такого же дѣйствія тупымъ шиломъ нужно, чтобы оно было удалено не болѣе какъ на дюймъ и извлекло искру.

„Описанный опытъ доказываетъ, что электрическій огонь (электричество) вытягивается остріемъ, но только въ томъ случаѣ, если послѣднее находится въ сообщеніи съ землею; какъ только вы вынете изъ ручки тупой конецъ шила и вдѣлаете его въ сургучную палочку, замѣчательное свойство острія тотчасъ же пропадетъ: помѣстите ли вы шило въ томъ же разстояніи, или поднесете его ближе, все равно, вы не получите прежняго результата; но чуть вы дотронетесь пальцемъ до головки шила, пробковый шарикъ въ то же мгновеніе подлетитъ къ ядру. Если вы будете приближать остріе въ темнотѣ, то иногда уже при разстояніи въ одинъ футъ и болѣе, увидите свѣтъ, напоминающій блуждающій огонь или свѣтъ, испускаемый свѣтлякомъ. Чѣмъ менѣе выражено остріе, тѣмъ больше нужно приближать остріе для того, чтобы вызвать появленіе свѣта; разстояніе, при которомъ вы замѣчаете свѣтъ, есть то, на какомъ вы можете произвести вытяженіе электрическаго огня и уничтожить отталкиваніе...

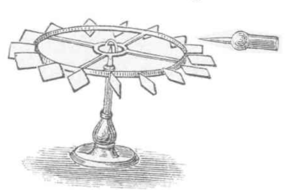
„Для доказательства того, что острія способны также испускать изъ себя электричество, соедините ядро съ длинной и острой иглой; тогда сколько бы вы ни электризовали ядро, вамъ не удастся заставить его оттолкнуть пробковый шарикъ. (Въ этомъ состоялъ опытъ Гопкинсона, который предпринялъ его съ цѣлью извлечь изъ острія множество, и притомъ большихъ, искръ, представляя себѣ остріе нѣкотораго рода средоточіемъ электричества—фокусомъ. Но каково было его изумленіе, когда оказалось, что при этомъ получаются только слабыя искры или же не появляется ихъ вовсе!). Или сдѣлайте такъ. Къ концу дула ружья или желѣзнаго прута прикрѣпите, остріемъ напередъ, иглу, которая бы изображала собой нѣчто въ родѣ миніатюрнаго штыка; до тѣхъ поръ пока это остріе остается въ соединеніи съ ружьемъ или прутомъ, эти послѣдніе, несмотря

*) *Электричества,* —на современномъ языкѣ.

на постоянное соприкосновеніе другого конца ихъ съ наэлектризованной трубкой, никоимъ образомъ не могутъ быть наэлектризованы до степени произведенія искры, такъ какъ электричество безпрерывно и незамѣтнымъ образомъ стекаетъ съ острія. Въ темнотѣ вы можете произвести съ послѣднимъ то же явленіе, о какомъ сейчасъ говорилъ".

Слѣдуетъ замѣтить, что остріе, чрезъ которое разряжается соединенный съ нимъ проводникъ, покрывается блестящей *фіолетовою кистью* въ томъ случаѣ, когда проводникъ, заряженъ *положительно*; если же проводникъ заряженъ, напротивъ, *отрицательно*, то остріе бываетъ окружено просто блестящей *точкой*, имѣющей *бѣлый* или слегка *желтоватый* цвѣтъ. Такимъ образомъ, одного взгляда на остріе въ темнотѣ уже достаточно для опредѣленія знака электризаціи проводника.

Рука, помѣщенная передъ остріемъ, ощущаетъ какъ бы движеніе убѣгающаго воздуха; въ случаѣ сильнаго движенія — имъ можно задуть свѣчу или направляя его на лопатки небольшой *мельницы*, привести въ движеніе эту послѣднюю (*фиг.* 210). Этотъ *электрическій вѣтеръ* объясняютъ тѣмъ, что частицы воздуха отъ соприкосновенія съ остріемъ электризуются и вслѣдствіе этого отталкиваются имъ. Но въ такомъ случаѣ очевидно, что и воздухъ, оказывая противодѣйствіе острію, въ свою очередь долженъ отталкивать это послѣднее. Это въ самомъ дѣлѣ, нетрудно доказать помощью такъ-называемаго *электрическаго колеса* (*фиг.* 222), которое состоитъ изъ проводящихъ заостренныхъ палочекъ, у которыхъ острія всѣ загнуты въ одну сторону. Оно можетъ вращаться на вертикальномъ остріѣ, установленномъ на изолирующей подставкѣ. Если соединить его съ наэлектризованнымъ проводникомъ, оно тотчасъ же начнетъ вращаться и притомъ въ сторону, противоположную направленію остріевъ, что слѣдуетъ объяснить тѣмъ, что наэлектризованныя частицы воздуха дѣйствительно отталкиваютъ острія, заряженныя тѣмъ же электричествомъ, какъ и воздухъ.



Фиг. 210. — Электрическая мельница.

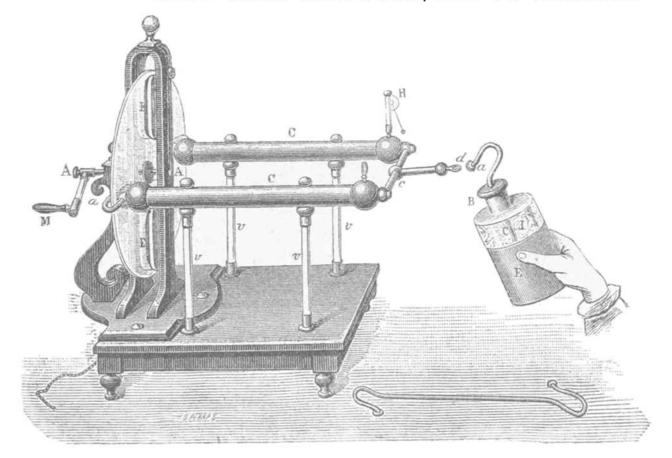
Теперь мы уже достаточно подготовлены къ пониманію устройства машины Рамсдена.

Она, подобно всѣмъ прочимъ электрическимъ машинамъ съ треніемъ, состоитъ (*фиг.* 211) изъ натираемаго тѣла, натирающихъ подушекъ и подлежащихъ электризованію проводниковъ. Натирающее тѣло представляетъ собою стеклянный кругъ, насаженный на горизонтальную ось AA, которая поддерживается стойкою. Придѣланная къ оси рукоятка M позволяетъ вращать кругъ непосредственно. Кругъ натирается четырьмя кожаными подушками F, набитыми конскимъ волосомъ, которыя расположены попарно, въ верхней и нижней части стойки, и такъ, что обнимаютъ кругъ. Подушкамъ сообщаютъ металлическую поверхность, покрывая ихъ однимъ изъ многочисленныхъ пригодныхъ для этой цѣли веществъ, изъ которыхъ упомянемъ только о сусальномъ золотѣ (сѣрное олово, или двусѣрнистое олово), хорошо очищенномъ отъ нашатыря, и объ амальгамѣ Кинмайера, состоящей изъ двухъ частей ртути, одной части цинка и одной части олова. Эти подушки играютъ ту же роль, что и руки эксприментатора въ машинѣ Нолле, а роль тѣла наблюдателя, какъ проводника, принадлежитъ здѣсь мѣднымъ прутьямъ, вдѣланнымъ въ деревянную стойку машины и переходящимъ въ металлическую цѣпочку, проведенную къ землѣ. Еще лучше цѣпочку соединить съ водопроводной трубкой или газовымъ рожкомъ. Такимъ образомъ подушки оказываются въ сообщеніи съ землей.

Кондуктору машины CcC, который обыкновенно дѣлается изъ латуни, придаютъ закругленную форму, во избѣжаніе быстрой потери электричества, которая, какъ указалъ Франклинъ, происходитъ при заостренной, угловатой формѣ проводника.

Наблюденіями Франклина пользуются здѣсь еще и въ другомъ отношеніи. Кондукторъ CcC, согласно указанію Сиго де-ла-Фона, уединенный на стеклянныхъ ножкахъ, оканчивается въ *a* подковообразными латунными прутками, отъ внутренней стороны которыхъ отходятъ тонкія острія; эти прутки называются *гребенками*. Около этихъ-то зубьевъ и проходитъ наэлектризованный кругъ. Съ поверхности круга электричество, какъ это явствуетъ изъ опытовъ Франклина, должно стекать на острія упомянутыхъ гребней и отсюда переходить на кондукторъ. Эти гребни, слѣдовательно, играютъ здѣсь ту же роль, что и металлическая цѣпь въ машинѣ Нолле, соединявшая кондукторъ съ вращающимся стекляннымъ шаромъ. Часть *cd* кондуктора можетъ поворачиваться около горизонтальной оси и приводиться въ соприкосновеніе съ какимъ-нибудь изолированнымъ тѣломъ, которое требуется наэлектризовать; для этой цѣли она оканчивается колечкомъ, къ которому привѣшивается проводникъ (*фиг.* 211) или крючокъ цѣпочки, проводящей электричество въ желаемое мѣсто.

Кондукторъ CcdC, или, ближе къ практикѣ, часть его *cd* представляетъ *одинъ изъ* такъ-называемыхъ *полюсовъ машины*. Если, какъ это обыкновенно бы-



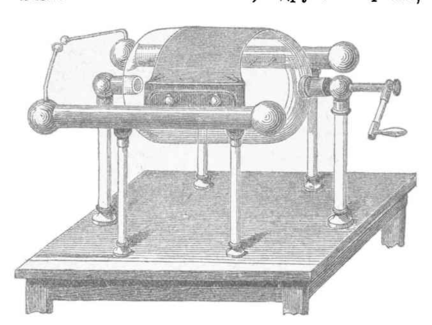
Фиг. 211.—Заряженіе лейденской банки машиною Рамсдена.

ваетъ, онъ наэлектризованъ положительно, то его называютъ положительнымъ полюсомъ. Другой, такъ-называемый отрицательный полюсъ, на которомъ необходимо должно собираться отрицательное электричество (такъ какъ оба электричества возбуждаются одновременно) образуютъ подушки вмѣстѣ съ цѣпочкой и землею, или, что́ лучше, подушки въ соединеніи, посредствомъ металла, съ какимъ-нибудь изолированнымъ проводникомъ.

Знаменитая машина Нэрна, впервые изготовленная названнымъ англійскимъ физико-механикомъ для великаго герцога Тосканскаго, въ 1773 г., построена гораздо симметричнѣе, чѣмъ только-что описанная машина Рамсдена. Въ первой противоположные заряды получаются дѣйствительно двумя совершенно сходными кондукторами, между тѣмъ какъ въ машинѣ Рамсдена положительное электричество является на всей поверхности большого кондуктора, а отрицательное доставляется лишь двумя парами подушекъ. Въ виду этого машину Нэрна слѣдуетъ считать образцомъ для всякихъ машинъ съ треніемъ.

Она состоитъ (*фиг.* 212) изъ полаго стекляннаго цилиндра, надѣтаго на ось, которая поддерживается двумя стеклянными подставками и можетъ приводиться

во вращеніе при помощи рукоятки, одна часть которой сдѣлана изъ стекла. Этимъ вполнѣ обезпечивается изолированіе оси отъ земли. По бокамъ вращающагося цилиндра расположены, также на стеклянныхъ подставкахъ и на одной высотѣ съ осью, два кондуктора. Одинъ изъ кондукторовъ снабженъ гребнемъ, т.-е. рядомъ металлическихъ остріевъ, обращенныхъ къ цилиндру и подходящихъ весьма близко къ послѣднему; на другомъ находится длинная подушка, повсюду одинаково плотно прилегающая къ цилиндру, благодаря заключеннымъ внутри ея гибкимъ пружинамъ, опирающимся на кондукторъ. Въ этой машинѣ, какъ и въ предшествующихъ, треніемъ стекла о подушку возбуждаются оба электричества; при этомъ положительное появляется на цилиндрѣ, а съ него, по остріямъ, переходитъ на кондукторъ, снабженный этими остріями; отрицательное же электричество распространяется на соединенный съ нею кондукторъ. Къ обоимъ кондукторамъ на одной сторонѣ придѣланы на концѣ по металлическому стержню, которые можно сближать или разводить. Стержни оканчиваются металлическими же шариками, заряжающимися такимъ же электричествомъ, какъ и соотвѣтствующіе имъ кондукторы; это такъ-называемые *полюсы машины*. Шарикъ, принадлежащій къ кондуктору, снабженному остріями, электризуется положительно, и потому носитъ названіе *положительнаго полюса*, а другой шарикъ, получающій отрицательное электричество, называется *отрицательнымъ полюсомъ*.



Фиг. 212.—Машина Нэрна.

Если, при дѣйствіи машины, полюсы находятся другъ отъ друга въ надлежащемъ разстояніи, то между ними пробѣгаютъ искры, которыя, въ случаѣ равномѣрнаго движенія машины, слѣдуютъ одна за другою чрезъ правильные промежутки времени.

Для того, чтобы какое-нибудь проводящее тѣло наэлектризовать положительно, прежде всего изолируютъ его отъ земли, затѣмъ соединяютъ съ положительнымъ полюсомъ посредствомъ стержня, цѣпочки или металлической проволоки. Если такимъ же образомъ привести это тѣло въ сообщеніе съ отрицательнымъ полюсомъ, то оно наэлектризуется отрицательно, и если такимъ тѣломъ служитъ земля, то машина Нэрна будетъ дѣйствовать сходно съ машиной Рамсдена.

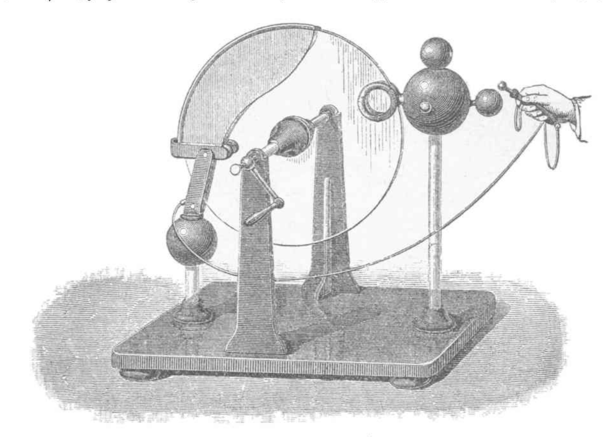
Въ историческомъ экземплярѣ машины Нэрна стеклянный цилиндръ имѣлъ въ длину 19, а въ діаметрѣ 12 дюймовъ; длина подушки была 14, а ширина 5 дюймовъ. Онъ давалъ искры даже при разстояніи между полюсами въ 14 дюймовъ.

Въ 1772 г., т.-е. за годъ до устройства машины Нэрна, французскій физикъ Ле-Руа придумалъ машину съ треніемъ безъ гребня и съ двумя полюсами, могущими употребляться отдѣльно или вмѣстѣ. Австрійскій физико-механикъ Винтеръ придалъ частямъ названной машины слѣдующее расположеніе. Стеклянный кругъ (*фиг.* 213) натирается парою подушекъ, устроеннымъ подобно предъидущимъ. Противъ подушекъ, съ противоположной стороны около круга расположено двойное деревянное кольцо, которое прижимается къ обѣимъ поверхностямъ круга. Оно сообщается съ изолированнымъ сферическимъ кондукторомъ, къ которому, съ цѣлью увеличенія его поверхности, прикрѣпляютъ еще большое полое кольцо, наполненное мѣдной проволокой. Этотъ кондукторъ электризуется положительно, а другой, поддерживающій подушки,— отрицательно

Укажемъ еще на интересную машину, придуманную Ванъ-Марумомъ, въ Гарлемѣ, въ которой одинъ и тотъ же кондукторъ можетъ служить положительнымъ или отрицательнымъ полюсомъ, смотря по желанію наблюдателя.

Она состоитъ (*фиг.* 214) изъ стекляннаго круга, насаженнаго на одинъ изъ концовъ горизонтальной оси и изолированнаго отъ послѣдней слоемъ шеллака. Кругъ уравновѣшивается соотвѣтствующей тяжестью, помѣщенной на противоположномъ концѣ оси. Подушки расположены по горизонтальному діаметру, и уединены на стеклянныхъ подставкахъ. Изолированный сферическій проводникъ A и двѣ металлическія дуги BB′ и LL′, которыя оканчиваются цилиндриками и могутъ вращаться около горизонтальной оси, дополняютъ машину.

Когда дуги расположены такъ, какъ показано на фигурѣ, то подушки посредствомъ дуги LL′ и проводящей подставки сообщаются съ землей; поэтому отрицательное электричество уходитъ въ землю, а положительное по дугѣ BB′ переходитъ на кондукторъ A. Если же, напротивъ, дугу BB′ помѣстить горизонтально, а дугу LL′—вертикально, то въ соединеніи съ землей окажется кругъ,



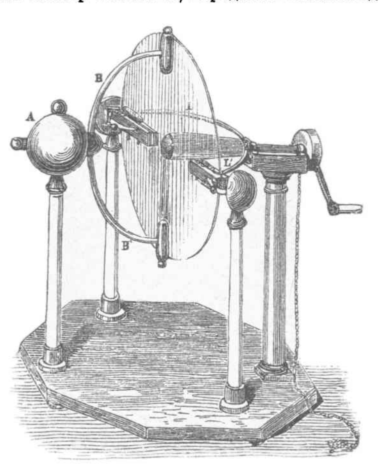
Фиг. 213.—Машина Винтера.

а подушки будутъ приведены въ сообщеніе съ кондукторомъ A; тогда послѣдній наэлектризуется отрицательно и обратится въ отрицательный полюсъ машины.

Однако, въ своихъ опытахъ самъ Ванъ-Марумъ пользовался преимущественно большой машиной, изготовленной Косбертсономъ (1787—88 гг.) по типу машинъ Рамсдена. Въ названной машинѣ два круга, имѣющія около $5\frac{1}{2}$ фут. въ діаметрѣ и отстоящіе другъ отъ друга на 8 дюймовъ, натираются восемью парами подушекъ, расположенныхъ по вертикальному діаметру и поддерживаемыхъ стойками, установленными на уединенной доскѣ, что позволяло пользоваться, въ случаѣ надобности, и отрицательнымъ электричествомъ подушекъ. Между двумя кругами по горизонтальному діаметру находятся два двойныхъ гребня, соединенныхъ посредствомъ металла съ двумя проводящими шарами въ 1 футъ діаметромъ, изолированными при помощи подвижныхъ стеклянныхъ подставокъ. Описанная машина, представляющая результатъ огромнаго и кропотливаго труда, хранится въ настоящее время въ Тейлеровскомъ музеѣ въ Амстердамѣ. Помощью ея Ванъ-Марумъ получалъ искры въ 2 фута и кисти въ $1\frac{1}{2}$ фута діаметромъ.

Въ нѣкоторыхъ машинахъ съ треніемъ подвижная часть дѣлается изъ эбонита, а натирающія части—изъ дерева или мѣха. Въ такихъ машинахъ послѣднія электризуются положительно, а первая—отрицательно. Чтобы покончить съ опи-

саніемъ машинъ съ треніемъ, скажемъ нѣсколько словъ объ оригинальной машинѣ Армстронга. Она состоитъ (*фиг.* 215) изъ изолированнаго котла въ которомъ превращается въ пары *дестиллированная* вода. Когда паръ пріобрѣтаетъ высокое давленіе, открываютъ кранъ *t*, выпускающій его въ чугунную трубку *bc*, длина которой 10, а діаметръ 2 дюйма. Изъ этой трубки паръ устремляется въ 4—6 горизонтальныхъ трубокъ, заключенныхъ въ латунную коробку съ холодной водой и оканчивающихся буксовыми надставками (выходными трубками), для увеличенія тренія при выходѣ пара имѣющихъ искривленный каналъ. Паръ, частью сгущающійся при прихожденіи чрезъ коробку, выходитъ изъ надставокъ уже смѣшанный съ частицами воды. По выходѣ паръ встрѣчаетъ гребень D, соединенный съ кондукторомъ. Въ этой машинѣ надставки, а слѣдовательно и котелъ, отъ тренія получаютъ отрицательное электричество, а водяныя частицы заряжаясь, напротивъ, положительнымъ электричествомъ, передаютъ это послѣднее гребню и далѣе кондуктору. Машина лондонскаго Политехническаго института, имѣющая 46 выходныхъ трубокъ, даетъ безпрерывный рядъ искръ, длина которыхъ достигаетъ 2 футовъ.



Фиг. 214 —Машина Ванъ-Марума.

Эта необыкновенно сильная машина, однако-же, не употребляется вслѣдствіе того, что сообщаетъ окружающему воздуху большое количество водяныхъ паровъ, парализующихъ дѣйствіе машины чрезъ короткое время послѣ его начала.

Фарадей первый установилъ что, во-первыхъ, необходимо работать не съ сухимъ, а со влажнымъ паромъ, т.-е. содержащимъ водяныя капельки, во-вторыхъ, что наилучшій матеріалъ для надставокъ представляетъ самшитовое (буксовое) дерево, и, въ-третьихъ, что вода въ котлѣ должна быть дестиллированная.

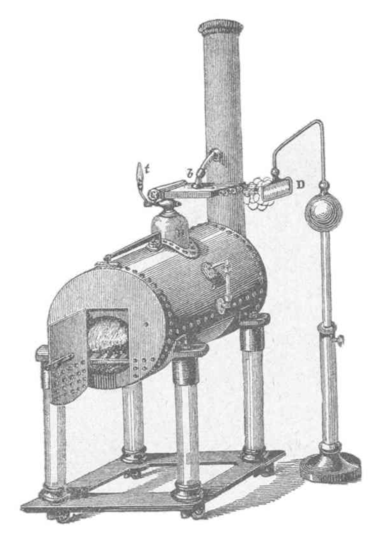
Употребляя газъ вмѣсто пара, необходимо для полученія желаемаго дѣйствія, смѣшать этотъ газъ съ частицами пыли.

Исходнымъ пунктомъ изслѣдованій, приведшихъ Армстронга къ устройству описанной машины, послужило явленіе, случайно замѣченное однимъ аналійскимъ машинистомъ въ то время, когда онъ исправлялъ течь въ поровой машинѣ, близъ Ньюкэстля. Стоя на дурнопроводящихъ теплыхъ плитахъ и держа одну руку въ струѣ выходившаго пара, онъ нечаянно прикоснулся другой рукой къ паровику. Въ этотъ моментъ появилась яркая искра и рабочій почувствовалъ сильное сотрясеніе.

Въ описанныхъ до сихъ поръ машинахъ значительная часть работы, затрачиваемой на вращеніе машины, безполезно поглощается треніемъ. Профессоръ К. Максуэлль выражается по этому поводу слѣдующимъ образомъ. „Сильно положительная поверхность стекла, удаляющаяся отъ подушки, притягивается этой послѣдней, которая наэлектризована отрицательно, сильнѣе, чѣмъ отчасти уже разряженная приближающаяся поверхность. Слѣдовательно, *электрическія притяженія* оказываютъ извѣстное сопротивленіе силѣ, вращающей машину; поэтому работа, затрачиваемая на вращеніе послѣдней, больше работы, расходуемой на преодолѣніе тренія и обыкновеннаго сопротивленія; этимъ избыткомъ работы можно было бы, при идеальныхъ условіяхъ, возбудить извѣстное электрическое

состояніе, энергія котораго была бы равносильна (эквивалентна) упомянутому избытку. Оттого всякая такая система, въ которой вся затрачиваемая механическая работа сполна обмѣнивается на эквивалентное ей количество электричества, представляетъ, если не практическую цѣнность, то, по крайней мѣрѣ большую важность въ научномъ отношеніи. Первой машиной въ такомъ родѣ, повидимому, была Никольсонова, въ которой, какъ видно изъ описанія ея въ *Ученыхъ запискахъ* за 1788 г., оба рода электричества производились дѣйствіемъ на рукоятку, безъ участія тренія и безъ сообщенія съ землею".

Подобныя машины опираются на явленіе *электризованія на разстояніи*, или, какъ говорятъ, *черезъ вліяніе сквозь изоляторъ* (*діэлектрикъ*). Ясное представленіе объ этомъ явленіи встрѣчаемъ впервые у Кантона, въ 1753 г.



Фиг. 215.—Машина Армстронга.

Первые экспериментаторы — Отто Герике, Грей и др., не могли не замѣчать явленія *вліянія*, но не придавали ему значенія: почва тогда еще не была подготовлена для уразумѣнія этого наблюденія. Въ исторіи науки такіе факты встрѣчаются на каждомъ шагу: для того, чтобы понять данное явленіе и оцѣнить его важность, далеко не достаточно узнать его какъ фактъ изъ наблюденія, а необходимъ еще запасъ такихъ идей, которыя позволили бы объяснить подробности даннаго явленія; пріобрѣтается же такой запасъ, какъ извѣстно, лишь весьма постепенно и медленно — нерѣдко въ продолженіе цѣлыхъ вѣковъ.

Очень легко произвести основные опыты надъ *электрическимъ вліяніемъ*, пользуясь, какъ въ предшествующихъ опытахъ электроскопами, возможно сильнѣе (въ видахъ наглядности) наэлектризованнымъ тѣломъ, уединенными проводниками, каковы, напр., закругленный кусокъ металла, деревянная палочка или линейка, яйцо, разные плоды, помѣщенные на изолирующей подставкѣ, напр., на сухомъ и тепломъ стеклѣ, на сургучныхъ палочкахъ и т. п. Наконецъ, намъ нуженъ для этого и уже извѣстный намъ простенькій снарядъ, именно *пробная пластинка*; послѣднюю получимъ, насадивъ металлическій кружочекъ D, изъ мишуры, цинка (или даже олова, вырѣзаннаго изъ листа, въ какой завертывается шоколадъ) на заостренный конецъ сургучной палочки С (фиг. 216).

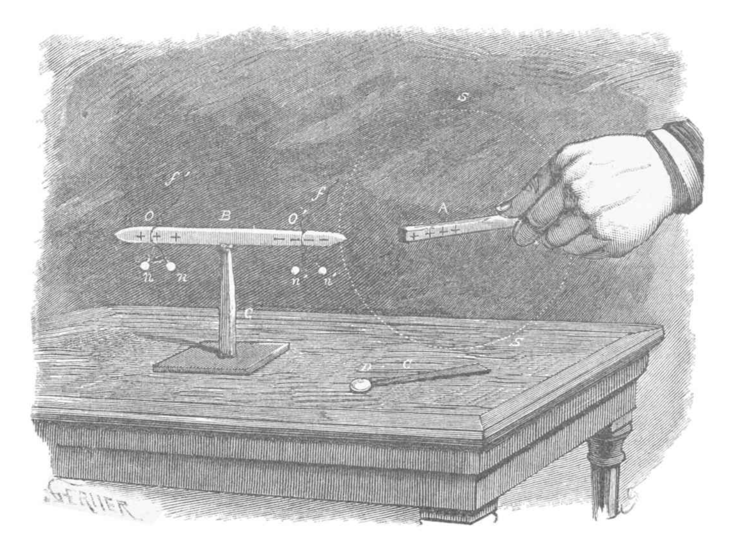
Излишне повторять, что присутствіе электричества на какомъ-либо тѣлѣ обнаруживается въ движеніи сообщаемомъ имъ вблизи расположеннымъ легкимъ тѣламъ. То пространство, на которомъ проявляется дѣйствіе наэлектризованнаго тѣла, въ которомъ,—возьмемъ частный случай,—должно быть заключено легкое тѣло для того чтобъ оно притягивалось, называется *электрическимъ полемъ*; оно соотвѣтствуетъ *магнитному полю*, о которомъ было говорено ранѣе *). Что случится съ изолированнымъ проводникомъ, частью или вполнѣ введеннымъ въ поле наэлектризованнаго тѣла? Это одна изъ главныхъ сторонъ *вопроса объ электрическомъ вліяніи*, къ разрѣшенію котораго путемъ опыта мы сейчасъ приступимъ.

Въ видахъ наглядности, наэлектризуемъ положительно какое-нибудь тѣло

*) Во II гл. 1-ой кн.

А и вообразимъ, что поле его ограничивается поверхностью SS (*фиг.* 216). Съ другой стороны, возьмемъ нейтральный проводникъ, изолированный отъ земли сургучной палочкой C, и на оба конца его надѣнемъ по нитяному (льняному или пеньковому) колечку *o*, *o'*, къ которымъ подвѣсимъ легкія тѣла, напр., бузинные шарики. Помощью шелковыхъ ниточекъ *f*, *f'* эти колечки можно передвигать по проводнику, не опасаясь сообщить его съ землей. Наконецъ, положимъ, что у насъ имѣется пробная пластинка, а также электроскопъ, въ которомъ подвижная часть,—соломенка или бузинный шарикъ,—наэлектризована положительно.

Пока проводникъ B находится *внѣ поля* тѣла A, онъ остается *нейтральнымъ*. Напротивъ, будучи приближенъ къ A настолько, чтобы нѣкоторая часть его *проникла въ поле*, онъ тотчасъ же наэлектризовывается: это видно изъ того, что онъ пріобрѣтаетъ способность притягивать легкія тѣла, а также изъ того, что ша-



Фиг. 216.—Электризованіе вліяніемъ. – *DC*—пробная пластинка.

рики *n* и *n*, а также *n'* и *n'* электрическихъ маятниковъ удаляются одинъ отъ другого, расходятся. Мы знаемъ, что они обладаютъ одноименнымъ электричествомъ, полученнымъ ими, чрезъ посредство поддерживающихъ ихъ проводящихъ нитей, отъ проводника B. Далѣе мы убѣждаемся въ томъ, что, какъ и слѣдовало ожидать, шарики *n*, *n*, находящіеся въ полѣ тѣла A, притягиваются послѣднимъ въ то самое время, какъ они другъ отъ друга отталкиваются. Перемѣщая помощью шелковыхъ нитей *f*, *f'*, на проводникѣ колечки *o*, *o'*, замѣчаемъ, что *расхожденіе шариковъ тѣмъ больше, чѣмъ они ближе къ концамъ проводника*, и что существуетъ промежуточная область, остающаяся нейтральной, т. е. такая въ которой шарики не расходятся. Это—*нейтральная область*, или *нейтральная линія* наэлектризованнаго проводника.

Въ этомъ случаѣ говорятъ, что тѣло B, электризуется *вліяніемъ* тѣла A, вслѣдствіе чего тѣло A называютъ *вліяющимъ* или *наводящимъ* а B—*вліяемымъ*, или *наводимымъ*

Въ описанномъ явленіи *нейтральная область раздѣляетъ два противоположныя по знаку электричества, изъ которыхъ ближайшее къ* А *отрицательно, а другое—положительно.* Этотъ фактъ, обнаруженный Эпинусомъ около 1758 г. и уже знакомый намъ изъ электризованія треніемъ, нетрудно доказать. Дотронемся до конца *o* проводника *пробной пластинкой* DC; послѣдняя наэлектризуется прикосновеніемъ, причемъ она получитъ зарядъ того же наименованія, какъ на испытуемой части. Если теперь заряженную такимъ образомъ пробную пластинку поднесемъ къ соломенкѣ электроскопа, предварительно наэлектризованной положительно, то получимъ отталкиваніе; отсюда ясно, что пробная пластинка, а слѣдовательно и точка *o*, наэлектризованы положительно. Напротивъ, испытывая точку *o'* другой области, обнаружимъ притяженіе. Такимъ образомъ, влѣво отъ нейтральной линіи проводникъ наэлектризованъ положительно, а вправо—отрицательно.

Слѣдуетъ замѣтить, что притяженіе и отталкиваніе соломенки пробной пластинкой тѣмъ сильнѣе, чѣмъ ближе къ концамъ проводника испытуемая точка. Это объясняется особеннымъ *распредѣленіемъ* электричества на проводникѣ, именно возрастаніемъ какъ положительнаго, такъ и отрицательнаго заряда отъ нейтральной линіи до концовъ проводника—его положительнаго и отрицательнаго полюсовъ. Если повторять эти опыты, все болѣе и болѣе приближая проводникъ В къ А, то характеръ явленія не измѣняется: только сила электризованія будетъ все болѣе и болѣе возрастать и нейтральная линія перемѣщаться къ концу, ближайшему отъ А.

Удаливъ В настолько, чтобъ оно вышло изъ поля тѣла А, увидимъ, что всѣ шарики тотчасъ же сойдутся къ своимъ парамъ--проводникъ вновь сдѣлается нейтральнымъ. На немъ теперь уже нельзя обнаружить ни положительнаго ни отрицательнаго электричества, его состояніе совершенно такое же, какимъ оно было до введенія тѣла въ поле. Этотъ фактъ выражаютъ, говоря, что возбужденные тѣломъ А два заряда, два электричества совершенно равносильны, эквивалентны и нейтрализуютъ другъ друга, т. е. исчезаютъ, какъ скоро ихъ перестаетъ раздѣлять одно отъ другого наэлектризованное тѣло А. Такую же эквивалентность мы видѣли ранѣе, въ случаѣ электризованія треніемъ.

Что случится, если къ проводнику В въ то время, когда онъ находится подъ вліяніемъ наэлектризованнаго тѣла А, мы дотронемся въ какой-нибудь точкѣ такъ, что приведемъ его въ сообщеніе съ землей?—Тогда произойдетъ то, что электричество, одноименное съ электричествомъ вліяющаго тѣла А,—въ нашемъ случаѣ, положительное,—исчезнетъ: это сейчасъ обнаружится тѣмъ, что шарики *n'*, *n'* сойдутся въ тотъ самый моментъ, когда палецъ коснется проводника,—безразлично, въ области *o* или *o'*. Наоборотъ, отрицателяное электричество при этомъ останется на проводникѣ, и если, *по отнятіи пальца,* тѣло А удалить, то проводникъ В окажется весь *наэлектризованнымъ отрицательно.* Такимъ образомъ, можно будетъ воспользоваться послѣднимъ для возбужденія электричества въ какомъ-нибудь другомъ проводникѣ по способу, сходному съ только-что изложеннымъ.

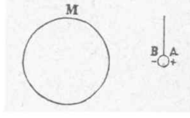
При достаточномъ приближеніи уединеннаго вліяемаго тѣла В къ положительно наэлектризованному наводящему тѣлу А, между обоими тѣлами пробѣгаетъ искра, послѣ чего наводящее тѣло оказывается лишь слабо заряженнымъ, а *все вліяемое тѣло* В—*заряженнымъ положительно.* Въ томъ случаѣ, если при прохожденіи искры между А и В послѣднее находится въ соединеніи съ землей, оба тѣла или совершенно разрядятся при искрѣ, или сохранятъ послѣ нея лишь незначительное количество электричества.

Разумѣется, что вліяніе происходитъ и между двумя сближаемыми наэлектризованными проводниками, испытывая сложныя измѣненія въ зависимости отъ разстоянія и формы проводниковъ.

Электризованіе черезъ вліяніе всегда предшествуетъ притяженію и отталкиванію, появленію искры, *дѣйствію остріевъ* и т. д. Возьмемъ примѣръ. Наэлектризованное тѣло М (*фиг.* 217) должно быть *приближено* къ бузинному шарику

А В для того, чтобы послѣдній пришелъ въ движеніе, причемъ этотъ шарикъ перемѣщается лишь по вступленіи въ поле наэлектризованнаго тѣла. Но тогда шарикъ, какъ это явствуетъ изъ предъидущаго, долженъ зарядиться черезъ вліяніе. Если при этомъ нить, на которой онъ виситъ, а также тѣло, удерживающее нить сдѣланы изъ проводящаго вещества (т. е., если шарикъ соединенъ съ землей), то на шарикѣ имѣется зарядъ, по знаку противоположный тому, какой имѣетъ вліяющее тѣло; отсюда—притяженіе шарика; если же нить будетъ изолирующею то на шарикѣ получатся оба электричества, но притяженіе въ этомъ случаѣ возьметъ перевѣсъ надъ отталкиваніемъ вслѣдствіе того, что ближайшимъ къ вліяющему тѣлу будетъ электричество противоположнаго наименованія. Словомъ, электрическія явленія происходятъ лишь между тѣлами наэлектризованными, находящимися въ *электрическомъ полѣ*. Въ такомъ полѣ тѣло никогда не бываетъ нейтральнымъ.

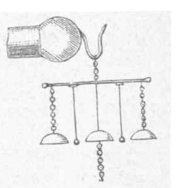
Опытамъ притяженія и отталкиванія придаютъ различныя формы. Когда бузинный шарикъ, который предположимъ подвѣшеннымъ на изолирующей нити, при соприкосновеніи съ притягивающимъ его наэлектризованнымъ тѣломъ получаетъ одинаковый съ послѣднимъ зарядъ, онъ отталкивается; но если, двигаясь вслѣдствіе отталкиванія, этотъ шарикъ будетъ встрѣчать на пути какой-нибудь проводникъ, соединенный съ землею, то онъ станетъ разряжаться, но вслѣдъ затѣмъ вновь наэлектризовываться черезъ вліяніе, а потому снова притягиваться, и тотчасъ же послѣ этого отталкиваться, и т. д. Такимъ образомъ, шарикъ двигается взадъ и впередъ между обоими тѣлами до тѣхъ поръ, пока наэлектризованное не разрядится; такой разрядъ, совершающійся путемъ ряда послѣдовательныхъ прикосновеній, называется переноснымъ. Если, вмѣсто бузиннаго шарика, возьмемъ зачерненный кусокъ пробки съ придѣланными къ нему кусочками проволоки, напоминающій въ этомъ видѣ фигуру паука, то получимъ видоизмѣненіе того же опыта, извѣстное подъ названіемъ *Франклинова паука* (фигура 17-го *опыта*). Если шарикъ металлическій, а проводниками служатъ два колокольчика. то опытъ называется *электрическимъ звономъ* (*фиг.* 218). На томъ же основанаи уже знакомая намъ *пляска каторжниковъ* (фигура 8-го *опыта*).



Фиг. 217.

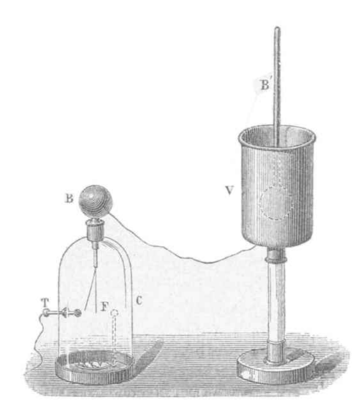
Если между наводящимъ и наводимымъ тѣлами помѣстить кусокъ стекла или эбонита, то вліяніе отъ этого не уничтожается, а лишь болѣе или менѣе измѣняется, смотря по природѣ раздѣляющаго вещества: въ случаѣ твердыхъ тѣлъ оно, какъ показалъ Фарадей, больше, нежели въ случаѣ воздуха.

Ранѣе мы познакомились со способами электризованія тѣлъ какъ треніемъ, такъ и съ помощью наэлектризованнаго тѣла—прямымъ прикосновеніемъ и проведеніемъ. Теперь вліяніе даетъ намъ средство дѣйствовать на разстояніи, сквозь изоляторы, сообщать данному тѣлу электричество, одинаковое съ наводящимъ тѣломъ или противоположнаго наименованія, смотря по тому употребляется ли способъ *искры*, или способъ *сообщенія съ землей*.


Фиг. 218.
Электрическій звонъ.

Укажемъ еще на одинъ замѣчательный случай вліянія. Вліяющее тѣло, уединенное посредствомъ ручки B′ (*фиг.* 219) вносится въ полый проводникъ V, установленный на изолирующей подставкѣ. Этотъ проводникъ помощью проволоки соединяется съ латуннымъ шарикомъ электроскопа, подвижные листочки котораго находятся въ F. Внесенное тѣло заряжаетъ черезъ вліяніе сосудъ V; если оно наэлектризовано положительно, то внутренняя поверхность сосуда получаетъ отрицательный, а внѣшняя—положительный зарядъ; при этомъ уголъ, образуемый листочками электроскопа остается неизмѣннымъ, каково бы ни было

положеніе вліяющаго тѣла внутри сосуда V. Въ ранѣе же описанномъ случаѣ, гдѣ вліяющее и вліяемое тѣла *не входятъ одно въ другое*, зарядъ напротивъ, зависитъ отъ разстоянія между ними, отъ ихъ относительнаго положенія, причемъ въ случаѣ присутствія на вліяемомъ тѣлѣ углубленій, электричество никогда не располагается въ послѣднихъ, а распредѣляется исключительно на внѣшней поверхности проводника. Когда вынемъ изъ сосуда вліяющее тѣло, листочки F придутъ въ соприкосновеніе, сосудъ V возвратится въ нейтральное состояніе; слѣдовательно, оба возбужденные вліяніемъ, противоположные заряда и въ этомъ случаѣ оказываются эквивалентными. Если, прежде чѣмъ вынуть вліяющее тѣло, приведемъ его въ соприкосновеніе съ сосудомъ V, то отклоненіе листочковъ не измѣнится, но какъ вліяющее тѣло, такъ и внутренняя поверхность сосуда V при этомъ разрядятся; отсюда слѣдуетъ, что положительному заряду вліяющаго тѣла эквивалентенъ отрицательный зарядъ, развиваемый на сосудѣ его присутствіемъ. На внѣшней поверхности сосуда, послѣ такого прикосновенія, останется зарядъ, равный тому, какой имѣло вліяющее тѣло до прикосновенія. Приводя подобнымъ же образомъ въ соприкосновеніе съ сосудомъ V нѣсколько наэлектризованныхъ проводниковъ, одновременно или одни за другими введенные въ сосудъ, заставимъ ихъ заряды цѣликомъ перейти на внѣшнюю поверхность, на которой въ результатѣ получится зарядъ, зависящій отъ знаковъ электричествъ на внесенныхъ проводникахъ.



Фиг. 219.—Вліяніе на полый проводникъ.—Электрическій экранъ.

Если сосудъ, внутри котораго помѣщены наэлектризованныя проводники *сообщается съ землей,* то эти проводники не оказываютъ никакого дѣйствія на внѣшніе проводники, находящіеся вблизи сосуда; если послѣдніе, до внесенія въ сосудъ наэлектризованныхъ тѣлъ, находились въ нейтральномъ состояніи, то и теперь состояніе ихъ такое же, какъ то̀ показываетъ электроскопъ. *Сквозь сосудъ въ этомъ случаѣ вліянія не происходитъ:* сосудъ здѣсь образуетъ, что называется, *электрическій экранъ.* Все это факты, имѣющіе большую важность.

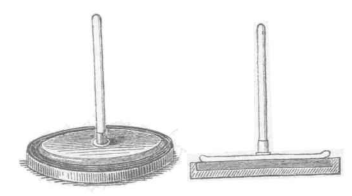
Тѣ снаряды, которые имѣютъ своимъ назначеніемъ — легко производить большія количества электричества благодаря единственно вліянію, безъ напрасной траты работы на преодолѣніе тренія, носятъ названіе *электрическихъ машинъ съ вліяніемъ.* Мы опишемъ наиболѣе употребительныя изъ нихъ.

Простенькую и легко осуществимую машину съ вліяніемъ представляетъ собой электрофоръ Вольты (*фиг.* 220). Аналогичный приборъ изобрѣтенъ и Уильки въ 1762 году.

Такъ какъ при помощи электрофора можно произвести большую часть опытовъ, то необходимо умѣть устраивать его. Это, впрочемъ, весьма просто. Въ круглую и плоскую металлическую форму, напр., въ крышку широкаго жестяного ящика, выливаютъ слой какого нибудь изолирующаго, предварительно расплавленнаго вещества. Въ качествѣ такого вещества можно взять древесную смолу, съ небольшой примѣсью бургундской и скипидара, для того, чтобы получилась не слишкомъ зернистая смоляная поверхность. Если нѣтъ смолы, можно вылить въ форму сургуча. Но лучше всего—просто кругъ изъ твердаго каучука, или эбонита. Съ другой стороны, деревянный кругъ, нѣсколько меньшаго діаметра чѣмъ первый, покрываютъ слоемъ олова и снабжаютъ изолирующей ру-

кояткой. Въ другомъ мѣстѣ мы указываемъ весьма упрощенное устройство электрофора (см. фигуру 5-го *опыта*).

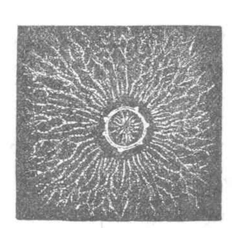
Для того, чтобы воспользоваться электрофоромъ, смоляной кругъ предварительно наэлектризовываютъ, ударяя его кошачьимъ мѣхомъ: при этомъ онъ заряжается отрицательно; потомъ на него кладутъ кругъ съ металлическою поверхностью и дотронувшись до послѣдняго пальцемъ, поднимаютъ его за *изолирующую рукоятку*. Тогда онъ оказывается наэлектризованнымъ положительно. Поднося къ нему палецъ, можно извлекать искры, достигающія 2 дюймовъ длины. Лихтенбергъ устроилъ *электрофоръ*, у котораго смоляной кругъ имѣлъ 6, а металлическій—5 фут. въ діаметрѣ и который давалъ искры въ 14—16 поперечныхъ пальцевъ. Замѣчательно то, что, разрядивъ металлическій кругъ, стоитъ

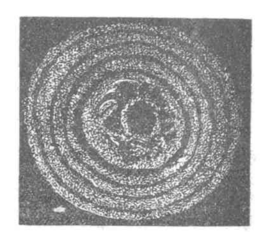


Фиг. 220.—Электрофоръ Вольта.—Тотъ же приборъ въ разрѣзѣ.

только вновь положить его на смоляной и поступить по предъидущему для того, чтобъ онъ опять наэлектризовался, и это можно повторять много разъ. Болѣе того: разъ наэлектризованный, смоляной кругъ, покрытый металлическимъ и содержащійся въ сухомъ мѣстѣ, годится и по прошествіи многихъ недѣль и даже мѣсяцевъ, такъ что тогда нѣтъ надобности вновь прибѣгать къ кошачьему мѣху. По этой причинѣ Вольта назвалъ свой снарядъ *„вѣчнымъ электрофоромъ"*.

Вообще, какъ мы видѣли до сихъ поръ, при слишкомъ большомъ прибли-



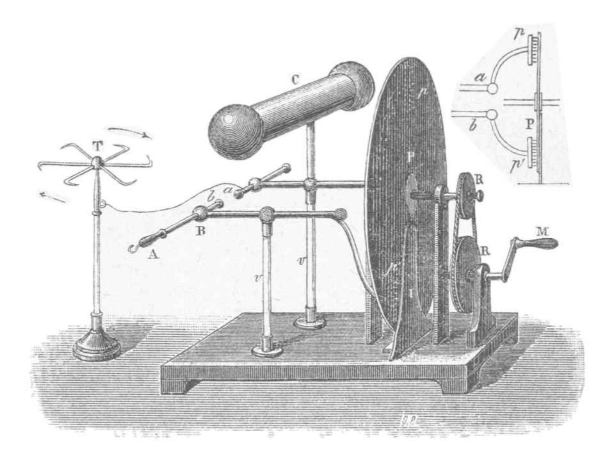


Фиг. 221.—Лихтенберговы фигуры.

женіи изолированнаго вліяемаго тѣла къ вліяющему между обоими тѣлами пробѣгаетъ искра и на вліяемомъ тѣлѣ остается, лишь электричество, однородное съ зарядомъ наводящаго тѣла. Электрофоръ же показываетъ, что въ томъ случаѣ, когда наводящее тѣло изоляторъ, а вліяемое—кругъ безъ угловъ и остріевъ, то дѣло происходитъ иначе: оба тѣла можно сближать до соприкосновенія безъ того, чтобы между ними появилась какая-нибудь видимая искра, и

безъ потери наличныхъ электричествъ. Напротивъ, если къ смоляному кругу приблизить какое-нибудь угловатое тѣло, палецъ, напр., то появится искра, причемъ, страннымъ и неожиданнымъ образомъ, то мѣсто на смоляномъ кругѣ, къ которому мы дотронулись пальцемъ, электризуется положительно и оказывается окруженнымъ нейтральнымъ пояскомъ.

Это легко показать на слѣдующемъ красивомъ опытѣ. Смоляной кругъ помощью небольшаго раздувальнаго мѣха осыпаютъ смѣсью сѣрнаго цвѣта и сурика; при этомъ частицы вслѣдствіе тренія другъ о друга и о трубку мѣха электризуется—сѣра отрицательно, а сурикъ положительно. Сѣра, заряженнаа отрицательно, притягивается положительной областью смолянаго круга, которая окрашивается пристающими частицами въ желтый цвѣтъ; напротивъ красныя частицы сурика, наэлектризованныя положительно, ложатся на отрицательную область. Между желтою и красною частями круга остается промежутокъ, непокрытый порошкомъ, благодаря тому, что здѣсь лежитъ упомянутый нейтральный



Фиг. 222.—Машина Берча.—Г—электрическое колесо.

поясокъ. Получаемыя такимъ образомъ фигуры, извѣстныя подъ названіемъ *Лихтенберговыхъ*, представляются въ самыхъ разнообразныхъ формахъ (*фиг.* 221) Онѣ красивѣе, когда производятъ искру, приближая къ краю смолянаго круга наэлектризованный металлическій кругъ. Если непосредственно за заряженіемъ металлическаго круга осыпать наэлектризованными частицами смоляной кругъ, то на немъ появится безчисленное множество желтыхъ точекъ, окруженныхъ непостояннымъ числомъ лучей. Мѣстами, особенно близъ краевъ, эти звѣздочки имѣютъ большіе размѣры. Лихтенбергъ, изучившій эти фигуры помощью смолянаго круга и различныхъ веществъ въ порошкѣ, уподобляетъ ихъ, въ своемъ восторженномъ описаніи, небесному своду, усѣянному звѣздами и озаряемому множествомъ солнцъ.

Явленіе это объясняется тѣмъ, что поверхности металлическаго и смолянаго круговъ не совершенно гладкія, и тамъ, гдѣ онѣ соприкасаются, происходятъ весьма малыя искры, благодаря которымъ и появляются указанныя фигуры. Съ производствомъ этого опыта нужно спѣшить, потому что вскорѣ отрицательное электричество распредѣляется по всей поверхности смолянаго круга.

Приведенныхъ наблюденій достаточно для того, чтобы показать всю сложность явленія вліянія въ томъ случаѣ, когда вліяющимъ тѣломъ служитъ изоляторъ.

Наэлектризовавъ металлическій кругъ электрофа, мы можемъ затѣмъ при помощи его наэлектризовать какой-нибудь другой проводникъ по одному изъ извѣстныхъ намъ способовъ, по способу прикосновенія, проведенія или искры, но нужный для этого пріемъ достаточно утомителенъ. Нельзя ли въ такомъ случаѣ замѣнить его другимъ, который, представляя больше удобствъ, въ то же время давалъ бы возможность достигать сильнаго электризованія. Сейчасъ мы увидимъ, какимъ образомъ эта задача многообразно разрѣшается съ помощью **машинъ съ вліяніемъ** собственно. Скажемъ сперва нѣсколько словъ о машинѣ швейцарскаго физика Бéрча. Она состоитъ изъ эбонитоваго *) круга P (*фиг.* 222), который можетъ приводится въ быстрое вращательное движеніе припомощи рукоятки M и двухъ колесъ R и R′, благодаря тому, что діаметръ у колеса R′, надѣтаго на одну ось съ кругомъ, гораздо меньше діаметра колеса R, вращаемаго непосредственно посредствомъ рукоятки. Колеса соединяются безконечнымъ ремнемъ. Указанный способъ полученія быстраго вращенія круга встрѣчается въ большей части машинъ съ вліяніемъ. Впереди периферическихъ частей круга, по вертикальному діаметру, расположены два металлическихъ гребня *p*, *p′*, соединяющихся съ шариками *a*, *b*, носящими названіе *полюсовъ машины*, посредствомъ проводниковъ *p a*, *p′ b*, уединенныхъ на стеклянныхъ поставкахъ *v*, *v*. Какъ разъ противъ нижняго гребня *p′* за кругомъ P находится вертикальная эбонитовая пластинка I, называемая *индукторомъ* (наводящей частью), или *производителемъ* машины.

Напомнимъ здѣсь, что ранѣе Берча такую же точно машину устроилъ изобрѣтательный французъ Пишъ. Единственное отличіе машины Пиша въ томъ, что въ ней кругъ P картонный, а не эбонитовый.

Дѣйствіе описанной машины чрезвычайно просто. Прежде всего, машинѣ сообщаютъ *первоначальный зарядъ*, натирая или ударяя производитель I кошачьимъ мѣхомъ или шерстяной матеріей. Этотъ зарядъ—*отрицательный*. Тогда производитель начинаетъ дѣйствовать черезъ вліяніе на кондукторъ *p′ b* сквозь кругъ P, причемъ *электричество, одноименное съ зарядомъ производителя, т.-е. отрицательное, стремится перенестись какъ можно далье отъ производителя и потому собирается на b, а положительное, напротивъ, является въ p′, т.-е. на ближайшей къ производителю части.* Благодаря *свойству остріевъ,* это положительное электричество стекаетъ на кругъ P и остается на немъ противъ *p′*, т.-е. противъ того мѣста, гдѣ оно явилось, такъ какъ эбонитъ—изолирующее вещество. Но при вращеніи круга, этотъ положительно наэлектризованный участокъ его поверхности вскорѣ становится напротивъ кондуктора *p a* и наэлектризовываетъ его черезъ вліяніе; при этомъ электричество, однородное съ зарядомъ вліяющаго круга,—въ настоящемъ случаѣ положительное,—получается на наиболѣе удаленной части *a* кондуктора, а отрицательное, напротивъ, появляется около круга на гребенкѣ *p*. Затѣмъ это послѣднее, благодаря тому же свойству остріевъ, преходитъ на кругъ P и уничтожаетъ дѣйствіе полученнаго имъ ранѣе положительнаго заряда. Такимъ образомъ часть круга, проходящая предъ гребнемъ *p* приводится въ нейтральное, естественное состояніе. Вотъ что происходитъ при одномъ полуоборотѣ круга. Но когда, вслѣдъ за тѣмъ, этотъ нейтральный участокъ опять будетъ проходить между кондукторомъ I и гребнемъ *p′*, тотъ же рядъ явленій начнется вновь. Это будетъ повторяться до тѣхъ, пока кругъ не остановится.

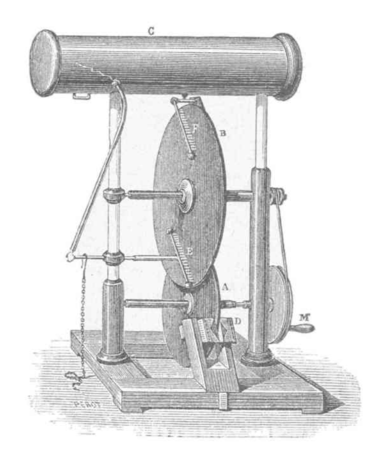
Если полюсы *a* и *b* находятся одинъ отъ другого въ надлежащемъ разстояніи, то между ними чрезъ правильные промежутки времени и безпрерывно бу-

*) *Эбонитъ* есть твердый или такъ называемый „вулканизированный" каучукъ, на 100 частей содержащій 60 частей сѣры. Названіе „вулканизированный" происходитъ отъ лат. *Vulcanus* (Вулканусъ)—Вулканъ (богъ огня). *Вулканомъ* алхимики называли *сѣру*.

дутъ пробѣгать искры. Разстояніе между полюсами можно измѣнять по произволу, передвигая въ шарѣ B помощью изолирующей рукоятки A кондукторъ A *b* Этотъ подвижной кондукторъ часто называютъ *разрядникомъ* машины.

Такъ какъ индукторъ I мало-по-малу теряетъ свое электричество, то дѣйствіе машины все болѣе и болѣе ослабѣваетъ и, наконецъ, совершенно прекращается, въ тотъ моментъ, когда вполнѣ истощенный производитель уже не въ состояніи оказывать вліянія на кондукторъ *p' b*.

Этого неудобства, простекающаго отъ *потери* электричества, остроумно избѣгаетъ въ своей машинѣ механикъ Карре́, пользуясь подвижнымъ индукторомъ, именно стекляннымъ или эбонитовымъ кругомъ A (*фиг.* 223), который медленно вращается помощью рукоятки M между двумя подушками D и такимъ образомъ постоянно поддерживается въ наэлектризованномъ состояніи; другими словами, индукторъ въ машинѣ Карре́ есть, въ сущности, не что иное, какъ машинка Рамсдена,но безъ кондукторовъ.



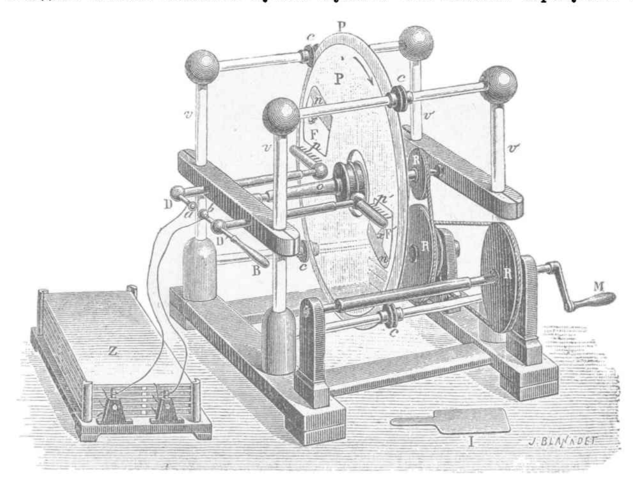
Фиг. 223. —Машина Карре́.

Въ томъ случаѣ, если индукторъ A—стеклянный, онъ электризуется положительно, и тогда положительнымъ полюсомъ машины служитъ шаръ кондуктора T, а отрицательнымъ—толстый горизонтальный кондукторъ C.

Часто, какъ въ случаѣ, представленномъ на фигурѣ 223. въ B, позади круга, помѣщаютъ второй индукторъ, поддерживаемый въ наэлектризованномъ состояніи кондукторомъ C, къ которому онъ подвѣшенъ. Гребни помѣщаются въ E и F. Искры пробѣгаютъ между T и C.

Въ виду того, что эбонитъ представляетъ мало гигроскопическое вещество, т.-е. легко можетъ сохраняться сухимъ, машина Карре́ обладаетъ еще и тѣмъ весьма важнымъ преимуществомъ, что можетъ дѣйствовать и въ самую сырую погоду, и въ такомъ помѣщеніи, воздухъ котораго, вслѣдствіе дыханія многочисленныхъ слушателей, насыщенъ водяными парами. Словомъ, эта машина принадлежитъ къ числу наиболѣе надежныхъ и наиболѣе пригодныхъ для опытовъ.

Теперь разсмотримъ болѣе сложныя машины, построенныя ранѣе только-что описанныхъ препараторомъ одного изъ германскихъ университетовъ—Гольтцемъ. Существуетъ *нѣсколько видовъ* такихъ машинъ. Такъ называемый *первый видъ* (*фиг.* 224)—машина очень деликатная и весьма чувствительная къ влажности—состоитъ изъ вертикальнаго стекляннаго круга P, покрытаго шеллачнымъ лакомъ и могущаго быстро вращаться около оси *o* посрѐдствомъ рукоятки M и колесъ R, R, R. Параллельно ему на весьма маломъ разстояніи расположенъ другой стеклянный кругъ P′—неподвижный, удерживаемый четырьмя перехваченными кружками *c*, *c*... укрѣпленными на горизонтальныхъ частяхъ прямоугольныхъ стоекъ *v*, *v*... Неподвижный кругъ P′, діаметръ котораго больше, чѣмъ у подвижнаго, имѣетъ три отверстія: круглое и большое центральное отверстіе, пропускающее ось *o*, и два такъ-называемыя *окошка* F, F′,—приблизительно прямоугольныя отверстія, на концахъ одного діаметра, слегка наклоненнаго къ горизонту. Съ одной стороны каждаго окошка наклеенъ кусокъ бумаги. Эти полоски образуютъ такъ-

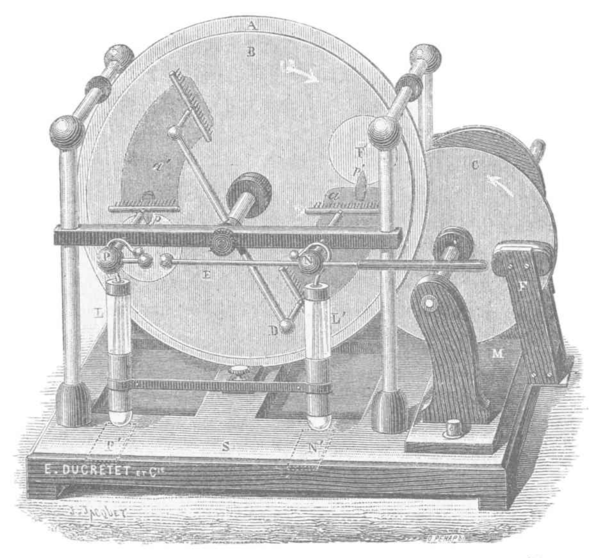


Фиг. 224.—Машина Гольтца (первый видъ), заряжающая батарею изъ плоскихъ конденсаторовъ Z. (Неподвижный кругъ P′ изображенъ стоящимъ нѣсколько наискось, чтобы хорошо были видны окошки съ накладками).

называемыя *накладки*, или индукторы машины. Прямоугольная часть *n* накладки называется *основаніемъ*, а относительно заостренная *x* — *язычкомъ*. Основаніе накладки, соотвѣтствующей окошку F, наклеена по верхнему краю послѣдняго такимъ образомъ, что язычекъ свѣшивается во внутрь вырѣзки, подходя почти вплотную къ подвижному кругу. Основаніе другой накладки, наклеено по нижнему краю окошка F′, причемъ язычекъ ея, какъ у первой, также свѣшивается во внутрь вырѣзки. Накладки расположены симметрично одна другой по отношенію къ центру круга. Вращеніе круга производится такъ, чтобы воображаемый наблюдатель, перемѣщающійся по неподвижному кругу въ направленіи движенія подвижнаго круга, *встрѣчалъ язычки обѣихъ накладокъ раньше, чѣмъ ихъ основанія*. Какъ и въ предъидущей машинѣ, тутъ имѣются двѣ гребенки *p*, *p′*, помѣщенныя по другую сторону отъ подвижного круга, какъ разъ противъ накладокъ. Эти гребенки, какъ всегда, соединяются съ двумя кондукторами *a* и *b*—полюсами машины, которые можно по желанію удалять другъ отъ друга или приводить въ соприкосновеніе, передвигая въ обоихъ шарахъ D и D′ или только въ одномъ изъ

нихъ, напр. въ D′, подвижной проводникъ B *b*—такъ-называемый *разрядникъ*, снабженный изолирующей рукояткой B.

Для того, чтобы привести машину въ дѣйствіе, нужно сообщить ей *первоначальный зарядъ*. Съ этой цѣлью полюсы *a* и *b* приводятъ въ соприкосновеніе, такъ что получается одинъ непрерывный кондукторъ *p a b p′*. Затѣмъ вращаютъ кругъ, касаясь въ это время одной изъ накладокъ, напр., накладки окошка F, наэлектризованной эбонитовой пластинкой I. Такимъ образомъ эта накладка получаетъ отрицательный зарядъ. О томъ, что машина заряжена, судятъ по появленію особеннаго, чрезвычайно характернаго шума. Эбонитовая пластинка I, употребляемая въ качествѣ первоначальнаго индуктора, должна быть такова, чтобъ ей можно было сообщать зарядъ, достаточный для извлеченія пальцемъ искорокъ длиною приблизительно въ 1 сантиметръ.



Фиг. 225.—Машина Гольтца (первый видъ) съ діаметральнымъ кондрукторомъ DD и наводящимъ кругомъ C.

Наилучшее дѣйствіе описанной машины Гольтца достигается въ сухую и холодную погоду, при восточномъ вѣтрѣ.

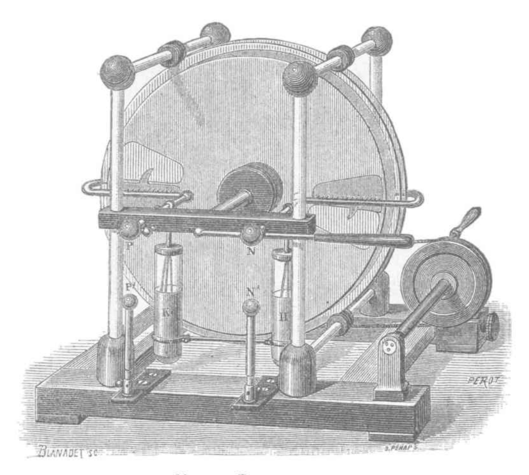
Для того, чтобы произвести первоначальное заряженіе *навѣрное*, машину устанавливаютъ на столѣ, доска котораго снабжена широкимъ отверстіемъ, а ножки обернуты холщевымъ футляромъ. Подъ столомъ, въ печи, сожигаютъ, не производя дыма, древесный уголь, чѣмъ поддерживается сухость машины и окружающаго ее воздуха настолько, что машина дѣйствуетъ и при самыхъ неблагопріятныхъ условіяхъ.

Упомянутый ранѣе шумъ происходитъ отъ истеченія электричества изъ гребенокъ *p* и *p′* и язычковъ накладокъ F и F′. Если эбонитовою пластинкой касаются накладки F, то въ темнотѣ на концахъ остріевъ отрицательнаго гребня *p′* и накладки F′ видны блестящія точки, звѣздочки. Съ положительнаго же гребня *p* въ это время стекаетъ на подвижной кругъ, по направленію, обратному движенію круга, свѣтящійся слой; язычекъ накладки F имѣетъ при этомъ поло-

жительный зарядъ и въ свою очередь испускаетъ на подвижной кругъ свѣтящуюся линію. Если, продолжая вращать кругъ, полосы a и b раздвигаютъ, такъ что соприкосновеніе между ними исчезаетъ, то изъ одного кондуктора $p\ a\ b\ p'$ образуются два отдѣльныхъ изолированныхъ кондуктора pa и $p'\ b$, между которыми, отъ a до b, пробѣгаютъ искры въ формѣ параллельныхъ, изображающихъ кисть, голубоватыхъ линій. Если, какъ мы предположили выше, эбонитовою пластинкой коснулись накладки F, то a будетъ положительнымъ, а b—отрицательнымъ полюсомъ машины. Благодаря совершенной симметричности этой машины, полюсы оказались бы какъ разъ на противоположныхъ мѣстахъ, если бы первоначально дотронулись названной пластинкой до накладки F′.

Теперь постараемся отдать себѣ отчетъ въ дѣйствіи машины.

Вслѣдствіе вліянія отрицательно наэлектризованной накладки F сквозь подвижной кругъ на кондукторъ $p\ a\ b\ p'$, на ближайшей къ этой отрицательной накладкѣ части p кондуктора развивается положительное электричество, между тѣмъ какъ на наиболѣе удаленной части p' является отрицательное. Благодаря



Фиг. 226.— Машина Гольтца о четырехъ кругахъ.

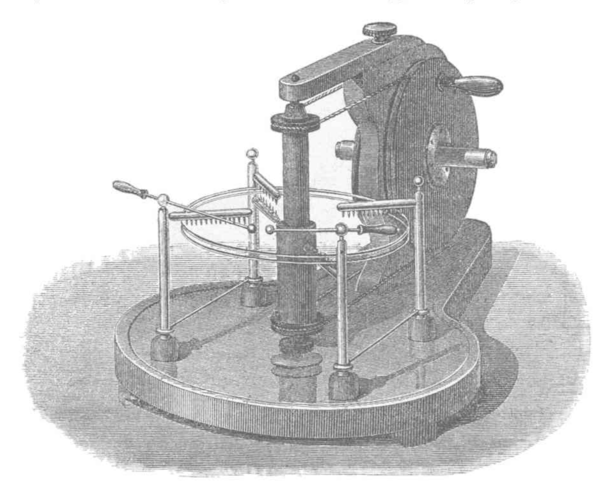
P и N—полюсы машины. K и H—лейденскія банки. P′ и N′— кондукторы, двигающіеся въ пазахъ и могущіе быть приведенными въ соприкосновеніе съ P и N въ случаѣ надобности пропустить токъ по проволокѣ, концы которой вложены въ отверстія въ нижней части P′ и N′.

свойству остріевъ, какъ положительное электричество съ гребня p, такъ и отрицательное съ p' одновременно переходятъ на соотвѣтствующія обращенныя къ нимъ части повижного круга. Послѣ одного полуоборота одна половина периферической части поверхности круга P, именно—проходившая предъ гребнемъ p, окажется наэлектризованною положительно, а другая,—проходившая мимо гребня p', напротивъ, будетъ заряжена отрицательно. Тогда основаніе накладки F, будучи обращено къ отрицательной области подвижного круга, заряжается положительно, между тѣмъ какъ *язычекъ* ея, находящійся противъ положительной области того же круга, въ то же самое время *получаетъ отрицательный зарядъ*. По той же причинѣ накладка F′ не остается нейтральною, какою она была первоначально, а заряжается отрицательно въ своемъ основаніи, причемъ *язычекъ электризуется положительно*. Электричества обоихъ язычковъ переходятъ на проходящія мимо нихъ, въ теченіе одного оборота, соотвѣтствующія половины другой стороны

подвижного круга P. Въ результатѣ, периферическая часть круга оказывается наэлектризованною положительно съ обѣихъ сторонъ въ верхней своей половинѣ и отрицательно—въ нижней.

Если теперь сообщить кругу вращательное движеніе въ обратную сторону, т.-е. *навстрѣчу основаніямъ накладокъ*, а не язычкамъ, то электричества накладокъ стремятся перейти на кругъ, вслѣдствіе чего накладки послѣ нѣсколькихъ оборотовъ приходятъ въ нейтральное состояніе, и дѣйствіе машины прекращается, какъ бы хорошо она ни была заряжена въ тотъ моментъ, когда началось вращеніе круга P въ обратную сторону.

Если по заряженіи машины раздвинуть полюсы *a* и *b*, до тѣхъ поръ соприкасавшіеся между собою, то произойдетъ совершенно то же, о чемъ мы говорили при описаніи болѣе простой машины Карре́: искры пробѣгаютъ между



Фиг. 227.—Машина Гольтца (второй видъ).

a и *b* въ тѣ моменты, когда разность потенціаловъ обоихъ полюсовъ достигаетъ соотвѣтствующей величины, т.-е. черезъ правильные промежутки времени, въ случаѣ равномѣрнаго вращенія машины.

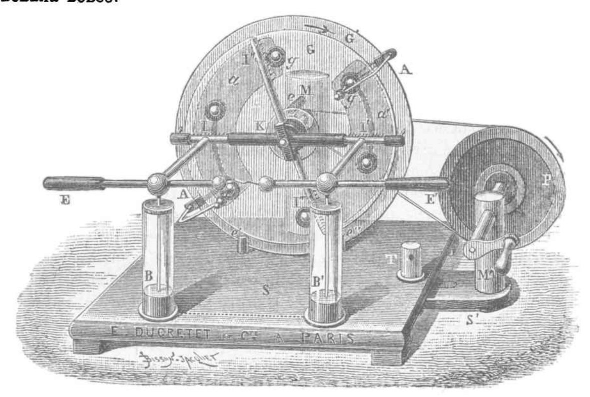
Мы не будемъ останавливаться на всѣхъ замѣчательныхъ особенностяхъ описываемой машины Гольтца, еще не вполнѣ разъясненныхъ учеными.

Замѣтимъ, однако-же, что если разстояніе между полюсами *a* и *b* становится слишкомъ большимъ для того, чтобы между ними могли происходить искры, машина часто разряжается и дѣйствіе ея прекращается; иногда при этомъ полюсы мѣняются мѣстами,—происходитъ извращеніе полюсовъ. Указанное неудобство можно устранить, снабжая машину (*фиг.* 225) *діаметральнымъ кондукторомъ* DD, который, играя постоянно ту же роль, какую игралъ кондукторъ *p a b p'* во время предварительнаго заряженія, поддерживаетъ нормальное дѣйствіе машины, не взирая на удаленіе другъ отъ друга полюсовъ. Тутъ основанія накладокъ F и F' простираются почти на четверть окружности. Противъ нихъ помѣщается діаметральный проводникъ DD, устанавливаемый подъ большимъ или меньшимъ угломъ къ горизонту.

На фигурѣ 225 представлено измѣненіе, введенное механикомъ Дюкрете́. Послѣдній замѣнилъ эбонитовую пластинку, играющую роль первоначальнаго

индуктора, стеклянным кругомъ C, который предварительно электризуется треніемъ о пару подушекъ, затѣмъ, проходя мимо накладки *a*, сообщаетъ ей положительный зарядъ.

Поггендорфу *) первому пришла мысль составить двойную машину Гольтца, но съ двумя только полюсами, путемъ соединенія четырехъ круговъ. Механикъ Румкорфъ придалъ этой двойной машинѣ слѣдующее расположеніе. Оба неподвижные круга, снабженные накладками, расположены одинъ возлѣ другого между двумя подвижными кругами. Вся система круговъ обхватывается по бокамъ парой подковообразныхъ гребенокъ. Полюсы машины находятся въ P и N (*фиг.* 226). Эта машина заряжается и дѣйствуетъ подобно предшествующей. Хотя у нея нѣтъ діаметральныхъ кондукторовъ, однако-же она или не разряжается вовсе, или разряжается лишь въ рѣдкихъ случаяхъ, каково бы ни было разстояніе между полюсами,—фактъ, трудно поддающійся объясненію. Кромѣ того, первоначальный зарядъ ея можетъ долго сохраняться, хотя бы машина и не дѣйствовала вовсе.



Фиг. 228.—Машина Фосса.

G′—неподвижный кругъ. G—подвижный кругъ. I″ I‴—діаметральный кондукторъ. I, I′—оловянныя полоски. *a*, *a′*—индукторы. *g*, *g*—металлическія облатки. M, M′—стойки. *e*, *e′* *e″*—подпорки круга G′. K—отверстіе въ неподвижномъ кругѣ для прохожденія оси. A A′—діаметральный кондукторъ съ металлическими щеточками. E, E′—стержни разрядника. B, B′—лейденскія банки. S S—основаніе машины. T—одинъ изъ борновъ (столбиковъ) для соединенія съ проволоками; второй не виденъ за банкою B. P—кругъ, при вращеніи котораго вращается и соединенный съ нимъ кругъ G.

Не входя въ подробности, укажемъ еще на *второй видъ машины Гольтца*. Эта машина состоитъ изъ двухъ горизонтальныхъ круговъ, вращающихся въ противоположныя стороны и не имѣющихъ ни окошекъ, ни накладокъ. Съ обѣихъ сторонъ, по двумъ перпендикулярнымъ другъ къ другу діаметрамъ, расположены четыре гребенки, внизу попарно соединенныя прутьями. Предварительное заряженіе и тутъ производится помощью отрицательно наэлектризованной эбонитовой пластинки, подносимой, по приведеніи въ соприкосновеніе обоихъ полюсовъ, къ одной изъ гребенокъ.

Машины Фосса (1881 г.) и Уимсгорста (1885 г.) заряжаются сами собою, какъ только ихъ приводятъ во вращательное движеніе. Чтобы не умножать и безъ того большого числа описаній занимающихъ насъ снарядовъ, мы снабдили фигуры 228 и 229, изображающія машины Фосса и Уимсгорста, достаточно по-

*) Іоганнъ-Христіанъ Поггендорфъ, химикъ и физикъ, род. въ 1796 г., умеръ въ 1877 г.

дробными объясненіями. Дюкрете устроилъ превосходную машину Уимсгорста съ двѣнадцатью кругами, представляющую собою шестерную машину съ двумя только полюсами. Она весьма выдавалась на Всемірной выставкѣ 1889 г. и на выставкѣ французскаго физическаго Общества (въ апрѣлѣ 1890 г.) (*фиг.* 229).

Ясно, что потеря электричества, съ одной стороны, и разряды въ формѣ искръ, происходящіе между различными частями машины,—съ другой, должны обусловливать невозможность безпредѣльнаго возрастанія заряда кондукторовъ, разности потенціаловъ,—что, напротивъ, предѣльная величина заряда должна достигаться весьма быстро. Электроскопъ Генлея H, помѣщенный на кондукторѣ машины Рамсдена, напр., (фиг. 211), сначала все болѣе и болѣе отклоняется, но затѣмъ останавливается и съ этихъ поръ остается уже въ покоѣ, какова бы ни была скорость вращенія круга.

Зарядъ, развиваемый машиной, при извѣстныхъ условіяхъ, въ теченіе одной секунды, называется ея *производительностью*. Чѣмъ больше послѣдняя, тѣмъ быстрѣе достигается предѣлъ заряда, тѣмъ сильнѣе *электрическій токъ*, поддерживаемый машиною въ проволокѣ, соединяющей ея полюсы. Для приблизительнаго сравненія производительности двухъ машинъ, соотвѣтственные полюсы ихъ соединяютъ съ обѣими вѣтвями разрядника, дѣлая разстояніе между шарами послѣдняго равнымъ нѣсколькимъ сантиметрамъ; другими словами, обѣимъ машинамъ придаютъ одни и тѣ же полюсы. Затѣмъ послѣдовательно приводятъ ихъ въ дѣйствіе; та, которая въ данный промежутокъ времени, даетъ большее число искръ между шарами, имѣетъ бо́льшую производительность, причемъ приблизительное отношеніе производительностей выражается отношеніемъ чиселъ искръ даваемыхъ за такое время обѣими машинами. Этимъ путемъ можно убѣдиться, что въ машинѣ съ треніемъ производительность зависитъ почти исключительно отъ размѣровъ машины и скорости вращенія, т.-е. отъ величины поверхности, натираемой въ данное время; такъ какъ отъ увеличенія давленія подушекъ на кругъ производительность не измѣняется, а при значительномъ треніи только безполезно тратится энергія двигателя, то понятно, что треніе должно быть доведено до минимума. Машины съ вліяніемъ, даже маленькая машина Гольтца, напр., имѣютъ гораздо бо́льшую производительность, нежели машины съ треніемъ, причемъ эта производительность зависитъ отъ скорости вращенія. Кромѣ того, максимальный предѣлъ заряда соотвѣтствуетъ здѣсь гораздо большей разности потенціаловъ у полюсовъ.

Если разностью потенціаловъ опредѣляется длина искръ, то толщина и сила послѣднихъ ею не опредѣляется. Въ случаѣ незначительной величины полюсовъ машины и соединенныхъ съ ними кондукторовъ, искры, пробѣгающія между первыми, представляются блѣдными, тонкими и сопровождаются слабымъ шумомъ. Такимъ образомъ, для полученія большихъ искръ, является необходимость въ увеличеніи кондукторовъ, ихъ емкости, что̀ влечетъ за собой громоздкость машины. Но счастливый случай въ соединеніи съ опытомъ научилъ физиковъ накоплять, *сгущать*, какъ выражаются, большое количество электричества на двухъ обращенныхъ одна къ другой проводящихъ поверхностяхъ той или иной формы—плоскихъ, сферическихъ, цилиндрическихъ и т. д., имѣющихъ сравнительно небольшіе размѣры и раздѣленныхъ слоемъ изолирующаго вещества. Такой снарядъ называютъ *электрическимъ конденсаторомъ* *).

Первый *конденсаторъ* былъ невольно устроенъ деканомъ Каминскаго капитула въ Помераніи, фонъ-Клейстомъ въ 1745 г. Желая наэлектризовать ртуть, заключавшуюся въ стеклянной бутылкѣ, названный прелатъ пропустилъ чрезъ пробку желѣзный стержень до погруженія его въ ртуть. Затѣмъ, держа бутылку въ рукѣ, привелъ стержень въ соприкосновеніе съ кондукторомъ электрической машины. Нечаянно дотронувшись послѣ этого другою рукой до того же кондуктора, Клейстъ въ то же мгновеніе почувствовалъ сильное сотрясеніе въ плечѣ и локтѣ.

*) *Конденсаторъ*, отъ лат. *condensare* (конденсаре)—сжимать, сгущать.

Безъ соединенія съ бутылкой та же самая машина давала лишь совершенно ничтожныя, безболѣзненныя искры. Въ настоящее время у большей части машинъ къ кондуктору постоянно привѣшиваются одна или двѣ стклянки (*фиг.* 225, 226, 228, 229 и 239). Этимъ увеличиваютъ силу искръ, сотрясеній и т. д.

Въ слѣдующемъ — 1746 г. то же самое явленіе было замѣчено въ Лейденѣ (въ Голландіи). Проф. Мушенбрекъ *), полагая, что электризуемое тѣло, окруженное стеклянной оболочкой, гораздо медленнѣе теряетъ свое электричество въ воздухѣ, поручилъ Кунеусу и Алламану наэлектризовать воду, налитую въ бутылку. Держа послѣднюю въ одной рукѣ, Кунеусъ другою рукой хотѣлъ удалить металлическую цѣпочку, соединявшую бутылку съ кондукторомъ машины, но въ этотъ моментъ, подобно Клейсту, почувствовалъ сильное сотрясеніе. Этотъ опытъ былъ повторенъ Мушенбрекомъ, который, въ письмѣ къ французскому физику Реомюру, помѣченномъ 20-мъ апрѣля 1746 г., изображаетъ его слѣдующимъ образомъ:

„Сообщу вамъ,—пишетъ онъ,—новый, но страшный опытъ, который не совѣтую вамъ самимъ повторять. Я занимался изслѣдованіемъ силы электричества. Съ этою цѣлью я подвѣсилъ на двухъ шелковыхъ нитяхъ желѣзную трубку, которой сообщалось электричество отъ стекляннаго шара, который при быстромъ вращательномъ движеніи вокругъ своей оси натирался руками. На другомъ концѣ свободно висѣла латунная проволока, концомъ погруженная въ круглый сосудъ съ водою, который я держалъ въ правой рукѣ; другою рукой я пытался извлекать искры изъ наэлектризованной желѣзной трубки. Вдругъ моя правая рука получила такое сильное сотрясеніе, что мнѣ показалось, будто молнія меня прошибла насквозь. Сосудъ, хотя бы онъ былъ изъ тонкаго стекла, обыкновенно не разрывается при этомъ и ручная кисть этимъ сотрясеніемъ не перемѣщается; но вся остальная часть руки и все тѣло испытываетъ ужасный ударъ, который я не въ состояніи вамъ описать. Словомъ, я думалъ, что моя смерть приходитъ.

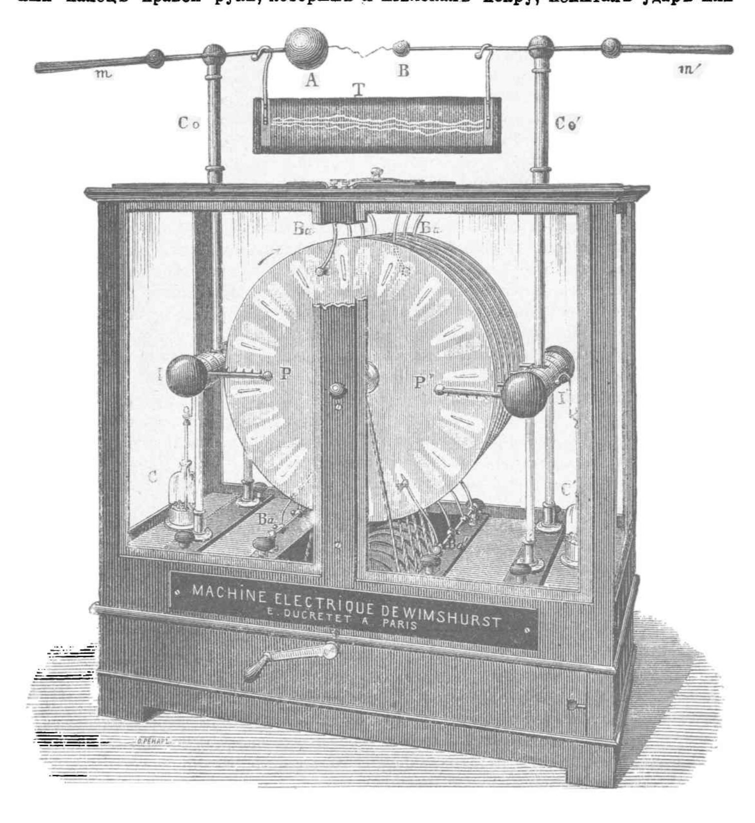
„Но вотъ что̀ странно. Когда этотъ опытъ производятъ съ англійскимъ стекломъ, эффекта не получается вовсе или почти никакого; необходимо работать съ нѣмецкимъ стекломъ; даже голландское не годится для этой цѣли. А между тѣмъ совершенно не важно, какой формы берется сосудъ—цилиндрической, шарообразной или иной какой-нибудь; можно брать обыкновенный стаканъ—все равно большой или малый, толстый или тонкій, высокій или нѣтъ, но совершенно необходимо, чтобъ онъ былъ изъ нѣмецкаго или богемскаго стекла **). Тотъ сосудъ, отъ котораго я чуть не умеръ, былъ изъ безцвѣтнаго тонкаго стекла и имѣлъ пять дюймовъ въ діаметрѣ. Лицо, производящее опытъ можетъ помѣщаться просто на полу, но обязательно, чтобы держало сосудъ и извлекало искры одно и то же лицо. Если сосудъ помѣщается на металлическую подставку, утвержденную на деревянномъ столѣ, то только прикасаясь къ этой подставкѣ одною рукой, а другой извлекая искру, также получаютъ очень значительный ударъ“.

Аббатъ Нолле́ не испугался этого, очевидно преувеличеннаго, разсказа Мушенбрека. Несмотря на то, что онъ повторилъ этотъ опытъ съ французскимъ стекломъ, успѣхъ получился полнѣйшій.

*) Ванъ-Мушенбрекъ, род. въ Лейденѣ (Голландія) въ 1692 г.; былъ докторомъ философіи и медицины; учился въ Лондонѣ у Ньютона и усвоилъ себѣ идеи послѣдняго; былъ профессоромъ опытной философіи и астрономіи въ утрехтскомъ университетѣ и членомъ академіи наукъ. Онъ пользовался такой извѣстностью, что Англія, Испанія и Данія наперерывъ приглашали его къ себѣ въ качествѣ профессора. Не принявъ ни одного изъ этихъ предложеній, онъ переселился въ Лейденъ, гдѣ занялъ каѳедру философіи; онъ умеръ въ 1761 г. Городъ Лейденъ былъ въ то время однимъ изъ главныхъ научныхъ центровъ въ Европѣ. Многіе изъ лейденскихъ ученыхъ занимались спеціально электричествомъ; въ числѣ ихъ были богатый гражданинъ Кунеусъ и профессоръ физики Алламанъ.

**) Это значитъ, въ сущности, что сосудъ долженъ быть сдѣланъ изъ мало-гигроскопическаго вещества, потому что въ противномъ случаѣ его нельзя поддерживать сухимъ, и онъ становится обыкновеннымъ проводникомъ.

„Я почувствовалъ,—говоритъ онъ,—сотрясеніе, прохватившее меня до самаго сердца и внутренностей и заставившее меня согнуться и широко раскрыть ротъ, какъ это случается тогда, когда вдругъ захватитъ дыханіе. Указательный палецъ правой руки, которымъ я извлекалъ искру, испыталъ ударъ или



Фиг. 229.—Машина Уимсгорста о двѣнадцати кругахъ.

А и В—полюсы машины. *m*, *m'*—изолирующія рукоятки для передвиженія полюсовъ. *Co*, *Co'*—проводники, соединящіе полюсы съ толстыми изолированными кондукторами I, I', къ которымъ прикрѣплены гребенки P, P'. C, C'—лейденскія банки. B*a*, B*a*—діаметральные кондукторы съ шариками, снабженными коротенькими проволоками, трущимися объ оловянныя полоски на периферіи изолирующихъ круговъ. T—непроводящая пластинка, посыпанная проводящимъ порошкомъ; между частицами послѣдняго, приставшими къ лаку, пробѣгаютъ искорки, совокупность которыхъ представляетъ разнообразные рисунки.—Стрѣлка показываетъ направленіе вращенія круговъ; рукоятка помѣщается позади машины.

какъ бы сильнѣйшій уколъ, а лѣвую руку мгновенно что-то дернуло внизъ, такъ что я выронилъ сосудъ на полъ".

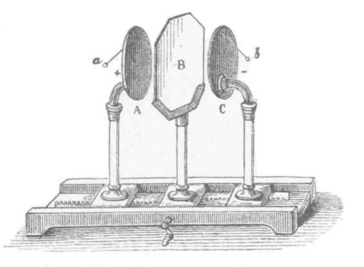
Страсть къ производству подобныхъ опытовъ и энтузіазмъ въ этомъ отношеніи впослѣдствіи дошли до того, что, напр., профессоръ физики въ Виттен-

бергѣ (въ Саксоніи) Бозе говорилъ: „Мнѣ не страшна и смерть отъ электрическаго сотрясенія, такъ какъ разсказъ о моей смерти составилъ бы статью въ *Запискахъ* парижской королевской академіи наукъ".

Фигура 187, взятая изъ „Опыта надъ электричествомъ", показываетъ пріемъ аббата Нолле. Этотъ пріемъ ничѣмъ не отличается отъ способа, преподаннаго лейденскимъ физикомъ въ его письмѣ къ Реомюру.

„Лейденская банка", какъ назвалъ описываемый приборъ Ноллé, скоро сдѣлалась весьма популярной; всякому хотѣлось самому испытать „электрическое сотрясеніе". Для болѣе быстраго удовлетворенія своихъ посѣтителей, аббатъ Нолле предлагалъ имъ браться за руки, такъ что они образовывали цѣпь. На одномъ концѣ этой цѣпи становился онъ самъ, держа въ свободной рукѣ наэлектризованную лейденскую банку, а лицо находившееся на другомъ концѣ, своей свободной рукой, касалось проводящаго стержня, пропущеннаго сквозь пробку стклянки. Такъ именно былъ произведенъ этотъ опытъ въ Версали въ присутствіи Людовика XIV и его двора. Цѣпь составлялась двумя стами сорока солдатами французской гвардіи; каждый изъ нихъ испыталъ мышечное содроганіе, произведенное разрядомъ.

Лейденская банка до такой степени вошла въ моду, что ее стали приготовлять въ формѣ тросточекъ и тому подобныхъ вещей обыкновеннаго обихода, благодаря чему каждый получалъ возможность искушать терпѣніе своихъ пріятелей.



Фиг. 230.—Конденсаторъ Эпинуса.

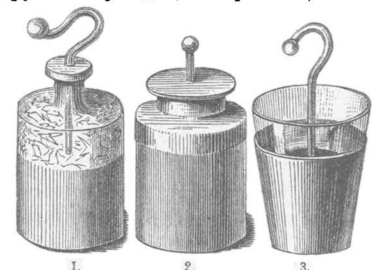
Англійскій врачъ Бивисъ нашелъ въ 1747 г., что стеклянный листъ въ одинъ квадратный футъ, съ обѣихъ сторонъ покрытый тонкой металлической пластинкой, представляетъ собою не худшій *конденсаторъ*, нежели лейденнская банка съ водой вмѣстимостью въ полкружки. Съ подобными электрическими листами производили многочисленные опыты Веньяминъ Франклинъ и Эпинусъ *), который изобрѣлъ названный по его имени *конденсаторъ*. Послѣдній (*фиг.* 230) состоитъ изъ двухъ металлическихъ круговъ A и C, изолированныхъ на стеклянныхъ подставкахъ и снабженныхъ электрическими маятниками *a* и *b*. Круги отдѣлены другъ отъ друга стеклянною пластинкой B и могутъ передвигаться вдоль зубчатки, такъ что помощью рукоятки ихъ можно приближать и

*) Ульрихъ-Теодоръ Эпинусъ, род. въ Роштокѣ (Германія) въ 1724 г., умеръ въ Ливоніи въ 1802 г.; былъ призванъ въ С.-Петербургъ для преподаванія физики. Его главное сочиненіе есть *Опытъ теоріи электричества и магнитизма* (1787 г.). Эпинусъ открылъ любопытное свойство *турмалина*—минерала, состоящаго изъ кремнезема, глинозема, желѣза и марганца и встрѣчающагося въ горахъ Швейцаріи, Испаніи, Италіи, Тироля. Именно Эпинусъ замѣтилъ, что турмалинъ при нагрѣваніи электризуется—*положительно* на одномъ концѣ и *отрицательно*—на другомъ, и допустилъ существованіе у турмалиновой пластинки двухъ полюсовъ, аналогичныхъ полюсамъ у магнита. Физики, изучавшіе этотъ кристаллъ послѣ Эпинуса, установили, что при постепенномъ нагрѣваніи до ста градусовъ электризація турмалина усиливается, а затѣмъ ослабляется, до полнаго уничтоженія; но при дальнѣйшемъ нагрѣваніи электризація является вновь, но уже съ извращеніемъ полюсовъ; тотъ конецъ, который раньше былъ наэлектризованъ положительно, становится отрицательнымъ, и наоборотъ. Такое же извращеніе замѣчается при охлажденіи нагрѣтаго турмалина. Для электризованія турмалиновой пластинки даже нѣтъ надобности нагрѣвать ее, а достаточно сжать ее параллельно ея оси, для того, чтобы на поверхностяхъ, перпендикулярныхъ къ оси, явились противоположныя электричества; по освобожденіи пластинки отъ сжатія полюсы извращаются.

Е. Малларъ въ своемъ *Руководствѣ кристаллографіи* отмѣчаетъ еще слѣдующее явленіе: если только-что нагрѣтую или охлажденную турмалиновую призму, имѣющую два противоположные полюса, разбить, то каждый изъ осколковъ, подобно осколкамъ магнита, будетъ имѣть два разноименные полюса.

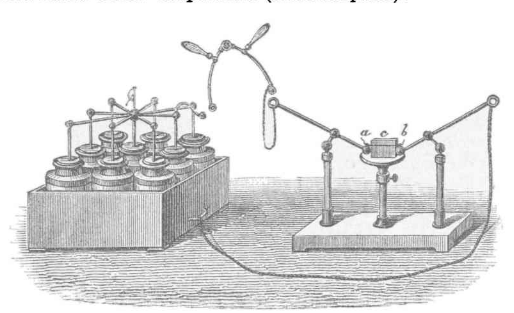
даже прикладывать къ пластинкѣ B. При лабораторныхъ работахъ чаще всего употребляются плоскіе *листовые* конденсаторы (*фиг.* 224), но вмѣсто стекла обыкновенно берутъ слюдяные листы или пропитанные параффиномъ бумажные.

Мало-по-малу лейденская банка утратила свою первоначальную форму. Въ настоящее время банка наполняется до двухъ третей своей высоты—не водою, а листочками олова или мишуры I (*фиг.* 211 и 231). Въ эти листочки погруженъ проводящій стержень C, оканчивающійся шарикомъ *a* и проходящій чрезъ пробку B стклянки. Снаружи послѣдняя до той же высоты обкладывается листовымъ оловомъ и непокрытая полоса обмазывается шеллакомъ или сургучомъ для того, чтобы воспрепятствовать появленію искры между внутреннимъ содержимымъ и наружною обкладкой по поверхности банки, такъ какъ на стеклѣ быстро осаждается влага изъ воздуха, вслѣдствіе чего оно получаетъ свойства проводника.



Фиг. 231.—Лейденскія банки.
1 — банка съ неподвижными обкладками. 2 — банка съ широкимъ горломъ. 3 — банка съ выдвижными обкладками.

Банки съ широкимъ горломъ обкладываются съ внутренней стороны листовымъ оловомъ, которое соединяется съ проводникомъ посредствомъ пружинъ или металлическихъ полосокъ. Проводникъ I (ртуть, вода, олово, мишура и т. п.) внутри банки называется *внутренней обкладкой* ея, а внѣшній проводникъ, т. е. наклеенный оловянный листъ, или, какъ у первыхъ банокъ, рука—*внѣшней обкладкой*. Послѣднюю, которую обыкновенно соединяютъ съ электрическою машиной, часто называютъ также *собирателемъ* (коллекторомъ).



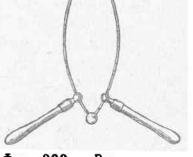
Фиг. 232.—Улетучиваніе проволоки *ab* дѣйствіемъ разряда батареи изъ лейденскихъ банокъ; золотая пыль оставляетъ черный слѣдъ на карточкѣ *c*.

Вотъ простой способъ устроить лейденскую банку. Въ совершенно сухой стаканъ насыпаютъ дроби — это будетъ внутренняя обкладка; въ дробь вставляютъ ложку — это проводникъ C; наконецъ, стаканъ берутъ въ руку, — послѣдняя составитъ внѣшнюю обкладку. Для того, чтобы наэлектризовать, зарядить лейденскую банку, помощью машины Рамсдена, банку вѣшаютъ на кондукторъ машины, соединивъ предварительно внѣшнюю ея обкладку съ землей посредствомъ придѣланной къ ней цѣпочки или просто взявъ банку въ руку.

При зарядженіи банки машинами Гольтца, Фосса, Уимсгорста и т. п., одну изъ обкладокъ соединяютъ съ положительнымъ, а другую—съ отрицательнымъ полюсомъ машины.

Для быстраго и легкаго разряженія банки употребляется небольшой снарядъ, называемый *разрядникомъ* (*фиг.* 233 и 232). Онъ состоитъ изъ двухъ про-

водящихъ стержней, скрѣпленныхъ шарниромъ, подобно двумъ вѣтвямъ у ножницъ; стержни оканчиваются шариками и снабжены изолирующими, обыкновенно стеклянными, рукоятками. Разрядникомъ пользуются такъ: взявъ его за рукоятки, одинъ изъ его шариковъ приводятъ въ соприкосновеніе съ внѣшнею обкладкой, а другой—съ шарикомъ лейденской банки. При соотвѣтствующемъ сближеніи обоихъ шариковъ разрядника, между послѣдними проскакиваетъ искра; это искра *разряда* *). Опытъ показываетъ, что эта искра бываетъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ тоньше стеклянная стѣнка сосуда, отдѣляющая обкладки одну отъ другой, и чѣмъ больше поверхность послѣднихъ. Но приготовлять большія банки съ тонкими стѣнками непрактично; та же цѣль удобнѣе достигается надлежащимъ соединеніемъ нѣсколькихъ банокъ обыкновенной величины, составленіемъ изъ нихъ батареи.



Фиг. 233.—Разрядникъ.

Фигура 232 представляетъ *параллельную батарею* изъ девяти банокъ, разряжаемую помощью разрядника.

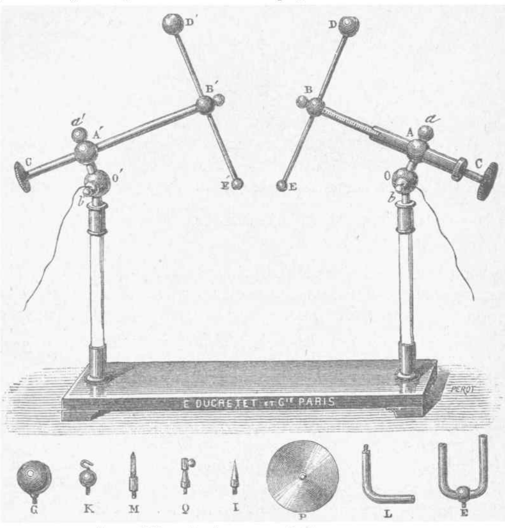
Такъ же соединяютъ и конденсаторы той или иной формы.

Всѣ внутреннія обкладки соединяются съ шарикомъ одной изъ банокъ посредствомъ проводящихъ стержней, а внѣшнія—посредствомъ оловяннаго листа, которымъ обклеены изнутри стѣнки ящика, заключающаго батарею, соединяются всѣ съ металлическою ручкой ящика, къ которой привѣшана цѣпочка, падающая на землю. Шарикъ и ручка являются такимъ образомъ полюсами батареи.

Заряженіе всей батареи производится такъ же точно, какъ и заряженіе одной банки, причемъ шарикъ играетъ роль внутренней, а ручка—внѣшней обкладки (*фиг.* 232).

Франклинъ указалъ другое расположеніе банокъ, не представляющее особенныхъ преимуществъ. Это такъ называемое соединеніе въ *каскадъ*, соотвѣтствующее *послѣдовательному* (въ *рядъ*) соединенію элементовъ.

Въ этой батареѣ внутренняя обкладка первой банки остается свободной, а внѣшняя посредствомъ металлическаго стержня или цѣпи соединяет-



Фиг. 234.—Большой всеобщій разрядникъ.

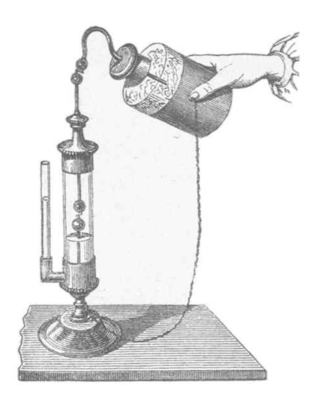
BC, B′C′—стержни разрядника, могущіе двигаться въ шарахъ A, A′. *a*, *a′*—пуговки, служащія для закрѣпленія стержней и двигающіеся около горизонтальной оси. O, O′—шары, съ которыми соединяются проволоки, идущія къ разряднику.—Оканчивающіеся шариками второстепенныя стержни DE, D′E′ могутъ двигаться въ шарахъ B, B′.—Вмѣсто шаровъ B, B′, D, D′, E, E′ можно насадить на стержни: шарики G, K, угольныя палочки M, щипчики Q, острія I, круги P, подставки L или F.

*) Для очень многихъ опытовъ можно пользоваться *всеобщимъ разрядникомъ* (*фиг.* 234).

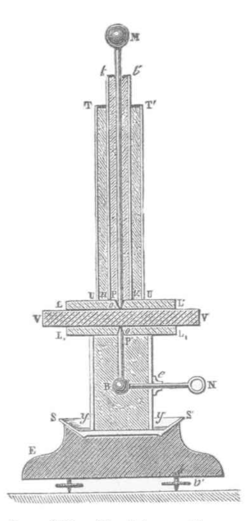
ся съ внутреннею обкладкой слѣдующей банки. Внѣшняя обкладка второй подобнымъ же образомъ соединяется съ внутреннею обкладкой третьей, и т. д., до послѣдней банки, у которой остается свободною внѣшняя обкладка.

Потенціальная энергія, развиваемая въ одной лейденской банкѣ или въ батареѣ, доставляется двигателемъ, приводящимъ въ движеніе заряжающую машину. Эта *потенціальная энергія*, превращаясь путемъ разряда въ *кинетическую*, производитъ рядъ разнообразныхъ дѣйствій, которыя легко обнаружить помощью классическихъ опытовъ. Къ краткому обозрѣнію этихъ послѣднихъ мы сейчасъ и перейдемъ.

Прежде всего скажемъ о *приборѣ Киннерслея*, посредствомъ котораго демонстрируется сотрясеніе воздуха разрядомъ. Въ срединѣ стеклянной трубки (*фиг.* 235),



Фиг. 235.—Приборъ Киннерслея.



Фиг. 236.—Пробойникъ Теркэма.

VV' — пробиваемая стеклянная пластинка, зажатая между двумя другими стеклянными пластинками LL', LL', сквозь которыя въ *o*, *o'* проходятъ острія обѣихъ вѣтвей MP и NBP' разрядника. Эти стержни окружены стеклянными трубками *t t* и *u'*, T T' U U', наполненными смѣсью расплавленныхъ воска и смолы. ESS'—стойка. *v*, *v'* — винты для установки.

сбоку которой находится другая стеклянная же трубка поуже, расположены на одной прямой два мѣдные стержня, оканчивающіеся приходящимися другъ противъ друга шариками. Въ нижней части этихъ трубокъ налита вода. Какъ только появляется разрядная искра между обоими шариками, въ раздѣляющемъ ихъ слоѣ воздуха, вода изъ широкой трубки съ силою вытѣсняется въ узкую. Еслибы не было боковой, а была бы одна только замкнутая трубка, то послѣднюю разорвало бы силою разряда.

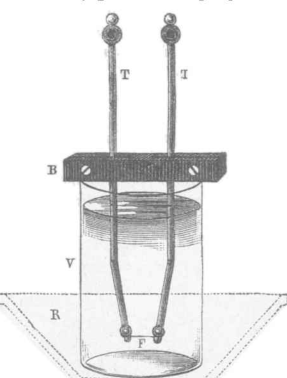
Въ случаѣ прохожденія искры между двумя остріями, отдѣленными другъ отъ друга стеклянною пластинкою или визитною карточкой, эти послѣднія пробиваются. Нерѣдко пробивается сама лейденская банка разрядомъ, происходящимъ чрезъ стекло между обѣими обкладками.

Пробитое въ карточкѣ отверстіе представляетъ любопытную особенность, именно края его являются приподнятыми съ обѣихъ сторонъ, какъ будто искра вылетала въ обѣ стороны изъ толщи бумаги.

Для легкаго пробиванія стеклянныхъ пластинокъ въ нѣсколько сантиметровъ толщиною и воспрепятствованія искрѣ обойти край пластинки, употребляютъ такъ-называемые *электрическіе пробойники* Теркэма (*фиг.* 236).

Разрядомъ батареи можно пользоваться также для мгновеннаго умерщвленія животныхъ, для зажиганія воспламеняющихся веществъ, каковы, напр., эфиръ, спиртъ, порохъ, или для другой подобной цѣли. *Теплота, развиваемая* разрядомъ достаточна для плавленія и улетучиванія металлической проволоки. Расположеніе такого опыта представлено на фигурѣ 232.

Когда подобное улетучиваніе проволоки F производится подъ водою (*фиг.* 237), то послѣдняя съ силою разбрасывается, причемъ содержащій воду стеклянный сосудъ нерѣдко разбивается. Снарядъ, помощью котораго производятъ этотъ опытъ, извѣстенъ подъ названіемъ *электрической торпеды*. Самый разрядъ, совершающійся такимъ образомъ чрезъ проволоку, называется *проводящимъ*.



Фиг. 237.—Электрическая торпеда.

V—стеклянный сосудъ съ водою. B—брусокъ, сквозь который пропущены стержни T, T', соединяемые съ полюсами разряжающейся батареи. F—проволока, подлежащая улетучиванію. R — чашка, въ которую выливается вода изъ сосуда V, если послѣдній разбивается.

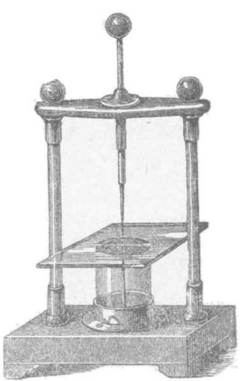
Особенно любопытно то, что, пользуясь потенціальной энергіей батареи, можно привести во вращательное движеніе электрическую машину. Поггендорфъ первый показалъ, что, если, зарядивъ батарею помощью машины Гольтца, снять безконечный ремень, соединяющій колеса машины, что уменьшаетъ сопротивленіе, то батарея разрядится, но при этомъ кругъ начнетъ вращаться въ сторону, обратную той, въ какую онъ вращался во время заряженія.

Это извращеніе движенія легко объясняется тѣмъ, что батарея оказываетъ сопротивленіе заряженію ея, движенію машины. Она стремится наэлектризовать различныя — подвижныя и неподвижныя—части машины, такъ что между ними являются отталкиванія, противодѣйствующія движенію круга.

Подобный же опытъ можно произвести и безъ помощи батареи.

Соотвѣтственные полюсы двухъ машинъ съ вліяніемъ (Гольтца, Фосса, Уимсгорста) соединяютъ между собою посредствомъ металлическихъ стержней (*фиг.* 239). Если привести въ движеніе одну изъ нихъ, то начинаетъ вращаться и другая, но въ сторону, обратную нормальной.

Та изъ этихъ двухъ машинъ, на которую расходуется энергія двигателя и которая эту послѣднюю превращаетъ въ электрическую энергію, называется *производителемъ* (генераторомъ) электричества; вторая же машина, приводимая въ движеніе этимъ электричествомъ, называется *электрическимъ двигателемъ*. Разсматриваемая какъ снарядъ, принимающій электричество отъ генератора, она называется также *пріемникомъ*. Само собою разумѣется, что любая изъ нихъ можетъ служить электропроизводителемъ или электродвигателемъ, генераторомъ или пріемникомъ, — словомъ, обладаетъ свойствомъ *оборотности*.


Фиг. 238.—Снарядъ для пробиванія тонкихъ стеклянныхъ пластинокъ или карточекъ.

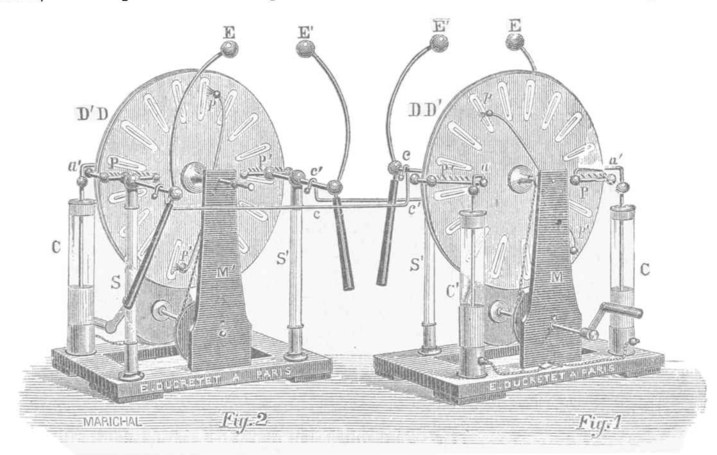
Изъ этого примѣра уже достаточно ясно, какимъ образомъ производится накопленіе *электрической энергіи* въ батареѣ и передача механической энергіи изъ одного мѣста въ другое.

Теперь въ нашемъ распоряженіи имѣются уже два производителя электричества:

1) элементъ, которымъ мы пользовались въ телефоніи, и

2) вышеописанныя электрическія машины часто, называемыя *электростатическими*,—въ отличіе отъ нижеописываемыхъ болѣе новыхъ, которыя основаны на индукціи магнитнымъ полемъ.

Прежде всего кажется поразительнымъ то обстоятельство, что элементъ въ состояніи давать лишь едва замѣтную искру между шариками разрядника, соединенными съ полюсами элемента, даже при ничтожномъ разстояніи между шариками, между тѣмъ какъ въ электрическихъ машинахъ получаются длинныя искры. Такъ какъ длина искры зависитъ отъ разности потенціаловъ, устанавливаемой электропроизводителемъ между двумя шариками разрядника, то очевидно, что элементъ способенъ поддерживать лишь малую разность потенціаловъ, въ то время какъ электрическія машины даютъ и весьма большую. Это

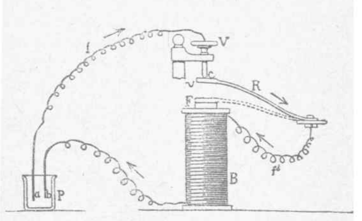


Фиг. 239.—Передача энергіи на разстояніе помощью двухъ машинъ Уимсгорста.

DD'—Круги машинъ, вращающіеся въ противоположныя стороны. E, E'—полюсы. M, M', S, S'—стойки. *p*, *p'*—щеточки на концахъ діаметральнаго кондуктора. *a*, *c'*, *a*, *c'*—лейденскія банки. I, P—гребенки. C, C, C', C'—проводящіе стержни, соединяющіе полюсы обѣихъ машинъ.—Машины представлены съ противоположныхъ сторонъ.

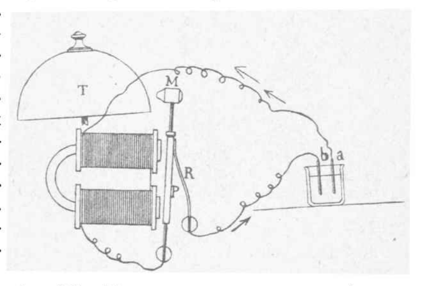
выражаютъ, говоря что элементъ есть электропроизводитель *низкаго*, а электростатическая машина—*высокаго потенціала*. Но за то элементъ доставляетъ *большое количество* электричества, т.-е. обладаетъ несравненно бо́льшею производительностью, нежели электростатическая машина. Благодаря этому, можно помощью элемента косвеннымъ путемъ получать и длинныя искры, т.-е. электричество высокаго потенціала; для этого, по примѣру Планте́, заряжаютъ элементомъ большое число плоскихъ конденсаторовъ, соединяя ихъ параллельно, и потомъ разряжаютъ ихъ, расположивъ въ рядъ (послѣдовательно, въ каскадъ). Это—такъ-называемая реостатическая машина Планте́. Сейчасъ мы увидимъ, что та же цѣль достигается и въ *индукціонной катушкѣ*, съ расположеніемъ которой мы въ существенныхъ чертахъ познакомились въ главѣ о телефонѣ. Колебанія силы наводящаго тока, доставляемаго элементомъ и проходящаго по *первичной проволокѣ*, возбуждаютъ въ замкнутой *вторичной проволокѣ наведенные токи*, направленія которыхъ легко опредѣлить при помощи магнитной стрѣлки, основываясь на пра-

вилѣ Ампера (см. примѣч. къ стр. 77). Замѣтивъ отклоненіе магнитной стрѣлки подъ вліяніемъ наводящаго и наведеннаго токовъ и затѣмъ, представивъ себѣ двухъ Амперовыхъ наблюдателей лежащими на той и другой проволокѣ лицомъ къ стрѣлкѣ, такъ, чтобы сѣверный полюсъ послѣдней находился по лѣвую сторону каждаго наблюдателя, убѣдимся въ томъ, что токи наводящій и наведенный имѣетъ *одинаковое направленіе* въ томъ случаѣ, когда послѣдній происходитъ вслѣдствіе уменьшенія, *ослабленія* наводящаго тока, и наоборотъ—*противоположныя направленія*, когда наведенный токъ является при увеличеніи, *усиленіи* наводящаго; въ первомъ случаѣ наведенный токъ называется *прямымъ*, во второмъ—*обратнымъ*.



Фиг. 240.—Принципъ электрическихъ прерывателей.

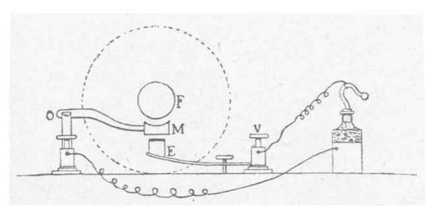
Въ телефонѣ измѣненія наводящаго тока производятся дрожаніями передатчика, введеннаго въ первичную цѣпь. Въ индукціонной катушкѣ, усовершенствованной Массономъ, Бреге́ (1842 г.), Физо́, Фуко́ др. и явившейся такимъ превосходнымъ снарядомъ въ конструкціи Румкорфа (1851 г.),—почему она и носитъ названіе *катушки Румкорфа*, — наводящій токъ *поочередно пропускается и уничтожается* въ первичной проволокѣ помощью такъ-называемаго *прерывателя* — приспособленія, выполняющаго ту же роль, какъ и камертонъ на фигурѣ 89 (стр. 81). При пропусканіи тока элемента въ первичной катушкѣ, этотъ токъ, постепенно возрастая отъ нуля, какимъ былъ въ начальный моментъ, достигаетъ своей нормальной напряженности по прошествіи нѣкоторой доли секунды. Это установленіе тока, постепенное *усиленіе* его до достиженія возможной для него силы и производитъ во вторичной проволокѣ *обратный наведенный токъ*. При прерываніи наводящаго тока, послѣдній быстро, но не мгновенно, ослабляется до нуля; это *исчезновеніе* наводящаго тока возбуждаетъ во вторичной проволокѣ *прямой наведенный токъ*.



Фиг. 241.—Прерыватель съ колокольчикомъ (электрическій звонокъ).

Замѣтимъ, что токъ не можетъ мгновенно пріобрѣсти своей нормальной силы или, наоборотъ, совершенно уничтожиться, точно такъ же, какъ локомотивъ не можетъ мгновенно пріобрѣсти своей обычной скорости или же остановиться: какъ въ случаѣ локомотива установленію нормальнаго хода и остановкѣ, такъ и въ случаѣ тока — его установленію и прекращенію—всегда предшествуетъ нѣкоторое перемѣнное, переходное состояніе. Въ занимающемъ насъ случаѣ только это *перемѣнное состояніе* и имѣетъ значеніе, такъ какъ благодаря именно ему являются индуктивные токи; когда наводящій токъ перестаетъ измѣняться, устанавливается, дѣлается, какъ говорятъ, стаціонарнымъ, индуктивные токи исчезаютъ. Но въ нашемъ снарядѣ такое стаціонарное состояніе не можетъ, не имѣетъ времени установиться благодаря прерывателю, а потому по вторичной проволокѣ во все время дѣйствія снаряда пробѣгаютъ поочередно прямые и обратные токи. Такіе быстро слѣдующіе другъ за другомъ токи, при которыхъ два послѣдовательныхъ тока проходятъ по проволокѣ по противоположнымъ направленіямъ, носятъ названіе *альтернативныхъ*, или *чередующихся*.

Разсмотримъ теперь дѣйствіе прерывателя. Названному прибору даютъ чрезвычайно разнообразныя расположенія, всегда основанныя на слѣдующемъ общемъ принципѣ. Токъ, доставляемый элементомъ P (*фиг.* 240), проходитъ по проволокѣ *f* въ металлическій винтъ V, отсюда въ кусокъ мягкаго желѣза *v* и далѣе въ пружину R, къ которой прикрѣпленъ этотъ кусокъ желѣза; изъ пружины токъ по проволокѣ *f'* входитъ въ катушку B, откуда возвращается въ элементъ къ *b*. Входя въ катушку, токъ намагничиваетъ желѣзное ядро послѣдней, которое притягиваетъ къ себѣ кусокъ желѣза *v* и такимъ образомъ прерываетъ цѣпь въ *c*; тогда токъ прекращается, но въ то же время мягкое желѣзо F размагничивается, освобожденная пружина R приводитъ кусокъ желѣза *v* въ соприкосновеніе съ винтомъ V, вслѣдствіе чего токъ вновь возстановляется для того, чтобы произвести тѣ же явленія, и т. д.

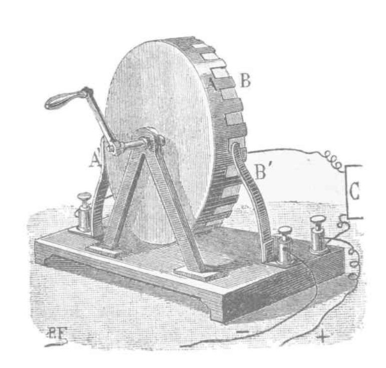


Фиг. 242.—Прерыватель съ молоткомъ.

Измѣняя силу и размѣры пружины R, а также степень прижатія винта V къ куску желѣза *v*, можно соотвѣтствующимъ образомъ измѣнять и періодъ этого самопроизвольнаго, автоматическаго установленія и прерыванія тока.

Придѣлавъ къ пружинѣ R молоточекъ и помѣстивъ вблизи послѣдняго колокольчикъ, получимъ электрическій звонокъ, дѣйствующій до тѣхъ поръ, пока продолжается дѣйствіе самаго элемента P (*фиг.* 241).

Часто дрожащую пластинку R, по примѣру женевскаго ученаго Деларива, замѣняютъ молоткомъ M (*фиг.* 242), снабженнымъ рукояткой, двигающеюся безъ тренія на шарнирѣ O. Проходя въ катушкѣ, токъ попрежнему намагничиваетъ ея желѣзное ядро F, которое притягиваетъ молотокъ M и этимъ прерываетъ токъ; но, по прекращеніи тока, мягкое желѣзо F размагничивается, молотокъ попадаетъ на наковальню E, благодаря чему цѣпь вновь замыкается. Тутъ тяжесть молотка играетъ ту же роль, что напряженіе пластинки R въ предшествующемъ прерывателѣ.



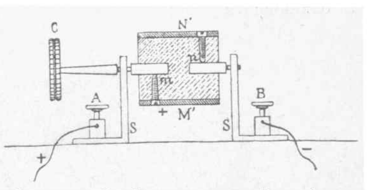
Фиг. 243.—Вращающійся прерыватель. (Колесо Пулльe).

Токъ выходитъ изъ положит. полюса +, пробѣгаетъ чрезъ цѣпь C къ столбику и пружинѣ A'; отсюда по сплошному краю кольца подходитъ къ отрицательному полюсу—; все это—когда пружина B' касается одною изъ зубцовъ у кольца.

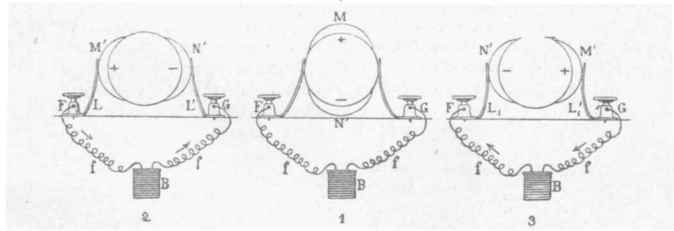
Существуютъ прерыватели иного устройства, основанные на слѣдующемъ началѣ. На окружности стекляннаго колеса (*фиг.* 243) надѣто металлическое кольцо, у одного края A сплошное, а у другого—B—зубчатое. Когда пружина B' прилегаетъ къ одному изъ зубцовъ, токъ проходитъ; но каждый разъ, когда при вращеніи колеса пружина B' встрѣчаетъ вырѣзъ—промежутокъ между двумя сосѣдними зубцами,—она упирается въ стекло, и токъ прерывается; пружина A' постоянно прижимается къ сплошной части кольца. Устройство описаннаго колеса принадлежитъ Пулльe. При помощи его Гордонъ производитъ 6000 прерываній наводящаго тока въ минуту.

Стеклянное колесо иногда замѣняютъ мѣднымъ кругомъ, съ извѣстнымъ числомъ вырѣзовъ по окружности, выполненныхъ эбонитовыми прослойками.

Для удобнаго приведенія въ дѣйствіе и легкой остановки индукціонной катушки употребляется такъ-называемый *коммутаторъ*. Названіе это объясняется тѣмъ, что занимающій насъ небольшой снарядъ позволяетъ по желанію измѣнять направленіе наводящаго тока,—прямой дѣлать обратнымъ и наоборотъ. Изъ многихъ видовъ коммутаторовъ мы разсмотримъ одинъ изъ простѣйшихъ и удобнѣйшихъ, именно каммутаторъ Румкорфа. Онъ состоитъ (*фиг.* 245) изъ изолирующаго, эбонитоваго, цилиндра, покрытаго двумя металлическими пластинками M′ и N′, расположенными другъ противъ друга. Цилиндръ вращается на прерванной въ срединѣ оси, поддерживаемой двумя проводящими стойками S, S, оканчивающимися столбиками A, B, къ которымъ привинчиваются проволоки, идущія отъ элемента. Половины оси соединяются при посредствѣ винтовъ *m* и *n* съ пластинками M′ и N′, каждая съ соотвѣтствующей пластинкой, такъ что M′ находится въ постоянномъ соединеніи, напр., съ положительнымъ, а N′ — съ отрицательнымъ полюсомъ элемента. Отъ двухъ другихъ столбиковъ F и G (*фиг.* 245), къ которымъ прививчиваются концы проволоки, *f* чрезъ которую желательно пропускать токъ отъ элемента, отходятъ вверхъ двѣ пружинки L, L′, оканчивающіяся на уровнѣ оси коммутатора, гдѣ онѣ и прикасаются къ поверхности цилиндра. Въ положеніи (1) пружинки касаются изолирующей части коммутатора, а потому въ проволокѣ *f* тока нѣтъ; въ положеніи (2) пружинки прижимаются къ пластинкамъ M′ и N′, и тогда токъ идетъ по проволокѣ *f* отъ F къ G; въ положеніи же (3) токъ, наоборотъ, проходитъ въ *f* отъ G къ F, такъ какъ въ соединительной проволокѣ токъ идетъ всегда отъ положительнаго полюса (+) элемента къ отрицательному (—).



Фиг. 244.—Разрѣзъ коммутатора Румкорфа.



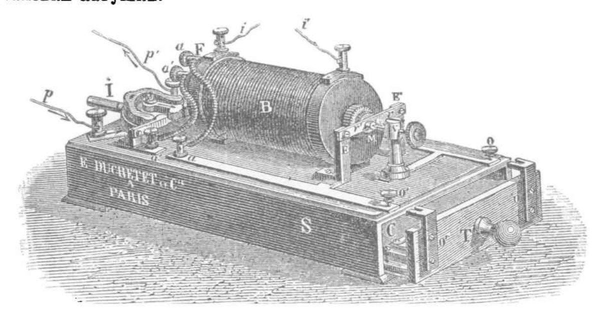
Фиг. 245.—Различныя положенія коммутатора Румкорфа.

1. Токъ не проходитъ по цѣпи *f* B *f*.—2. Токъ идетъ отъ F къ G.—3. Токъ идетъ отъ G къ F.

Дюкрете́ приспособилъ къ катушкѣ Румкорфа коммутаторъ Бертэна, имѣющій форму лиры (*фиг.* 246 и 247). Концы проволоки, по которой желаютъ пропускать токъ, соединяются здѣсь съ двумя металлическими столбиками *b*, *b*′, отъ которыхъ отходятъ пружины *r*, *r*′. Въ томъ положеніи, какое представлено на фигурѣ, лира, соединенная съ отрицательнымъ полюсомъ N элемента, касается пружины *r*′; проводникъ *o*, прикрѣпленный къ центру изолирующаго круга, поддерживающаго коммутаторъ, сообщается съ положительнымъ полюсомъ P элемента посредствомъ металлической пластинки, отчасти скрытой кругомъ. Тутъ токъ идетъ отъ *r* къ *r*′ въ проволоку, соединенную съ *b*, *b*′. Если помощью рукоятки *m* повернуть коммутаторъ вокругъ его оси, то проводникъ *o* войдетъ въ промежутокъ между *r* и *r*′.

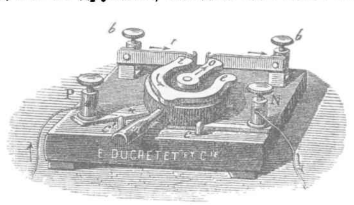
соприкосновенія не будетъ и токъ прервется; когда приведемъ въ соприкосновеніе *e* съ *r* и *o* съ *r'*, то токъ возстановится, но съ обратнымъ направленіемъ.

Теперь мы уже знакомы со всѣми частями *катушки Румкорфа* (*фиг.* 248). Въ ней находимъ первичную катушку, состоящую изъ сравнительно недлинной и толстой проволоки, концы которой *f, f'* соединены съ борнами *b, b'*, къ которымъ привинчиваются проволоки, идущія отъ обоихъ полюсовъ элемента; далѣе, вторичную катушку изъ весьма длинной и тонкой проволоки, оканчивающейся въ A и B,—внутри первичной катушки ядро, образованное пучкомъ покрытыхъ лакомъ проволокъ изъ мягкаго желѣза,—автоматическій прерыватель LM наводящаго тока и, наконецъ, коммутаторъ C для приведенія въ дѣйствіе или остановки катушки.



Фиг. 246.—Разборная катушка Дюкрете́.

Значеніе катушки Румкорфа не въ томъ, что она даетъ альтернативные токи, а въ ея способности превращать небольшую разность потенціаловъ, существующую между полюсами элемента, доставляющаго наводящій токъ, въ значительную разность потенціаловъ между двумя шариками разрядника, установленнаго на стеклянныхъ ножкахъ (или просто между двумя концами вторичной проволоки). Для этой цѣли, вмѣсто того, чтобы соединять концы послѣдней одинъ съ другимъ, каждый изъ нихъ соединяютъ съ однимъ изъ двухъ стержней разрядника. Тогда катушка Румкорфа можетъ дѣйствовать подобно вышеописаннымъ электрическимъ машинамъ.



Фиг. 247.—Лироподобный коммутаторъ Бертэна.

Чрезвычайно важно знать, что по причинѣ гораздо большей краткости періода исчезновенія тока, сравнительно съ періодомъ установленія послѣдняго, прямой наведенный токъ отличается гораздо большею напряженностью, нежели обратный. Оттого при достаточно большомъ разстояніи между обоими шариками (или концами проволоки) получаются искры только при прерываніи наводящаго тока.

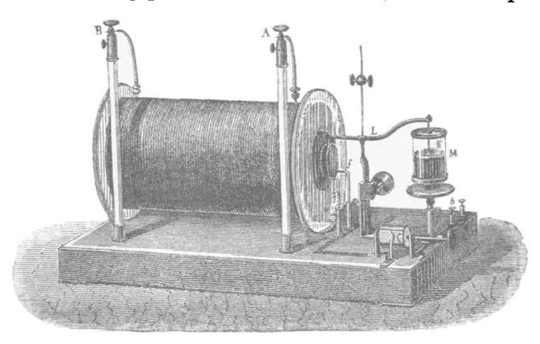
При появленіи искры высшій потенціалъ всегда принадлежитъ одному и тому же шарику; этотъ послѣдній и представляютъ собою *положительный полюсъ* катушки; другой шарикъ разрядника называется *отрицательнымъ полюсомъ* *).

*) *Положительнымъ полюсомъ* элемента, какъ вообще всякаго электровозбудительнаго снаряда, называютъ конецъ, имѣющій болѣе высокій потенціалъ; другой конецъ есть *отрицательный полюсъ*.

Величина потенціала въ проволокѣ постепенно убываетъ отъ положительнаго полюса до отрицательнаго, т.-е. отъ конца до конца проволоки.

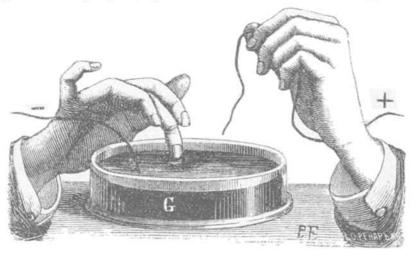
При помощи первыхъ катушекъ удавалось получать искры лишь незначительной длины.

Разность потенціаловъ обоихъ шариковъ разрядника, отъ величины которой зависитъ длина искры, тѣмъ больше, чѣмъ въ меньшій промежутокъ времени совершается прерываніе наводящаго тока. Но, благодаря особенному явленію, происходящему въ моментъ прерыванія наводящаго тока, именно *экстра-току прерыванія*, являющемуся въ самой первичной спирали, этотъ промежутокъ удлиняется. Первое наблюденіе, относящееся къ явленію *экстра-тока прерыванія*, сдѣлалъ Генри въ 1832 г. Концы двухъ проволокъ 5—6 метровъ длиною, соединенныхъ съ полюсами послѣдовательной батареи изъ нѣсколькихъ элементовъ, были погружены въ чашку G (*фиг.* 249) со ртутью, предназначенною для замыканія цѣпи. Вытягивая изъ ртути одну изъ проволокъ, Генри замѣтилъ появленіе искры между ртутью и проволокою. При дальнѣйшемъ наблюденіи оказалось, что яркость искры увеличивается съ длиною проволокъ, а при неизмѣнной длинѣ—съ числомъ параллельныхъ оборотовъ спирали; она становится еще больше, если по оси спирали помѣщаютъ ядро мягкаго желѣза. Кромѣ искры, прерываніе цѣпи элемента даетъ и сотрясеніе въ мышцахъ, если въ моментъ извлеченія проволоки одной рукою прикоснуться ко ртути, а другою — къ вытягиваемой проволокѣ.



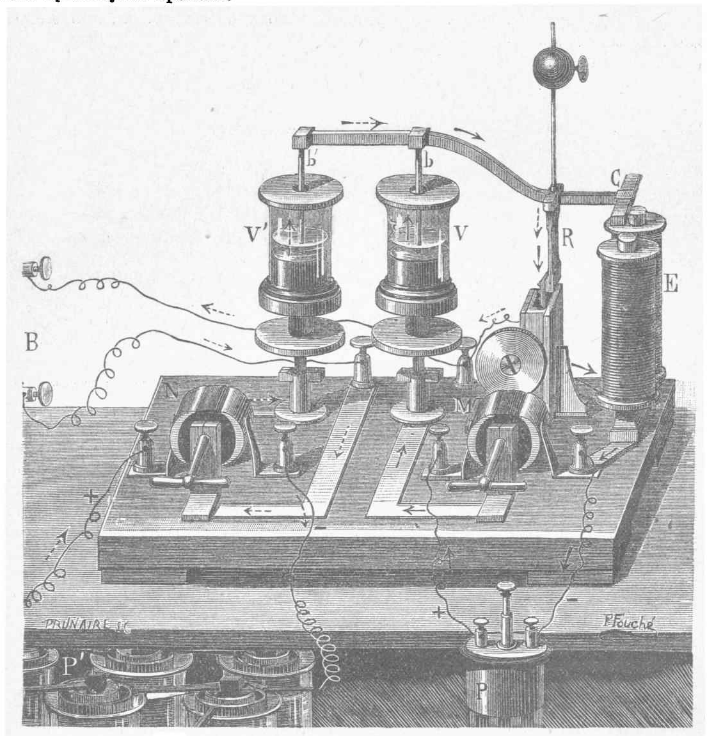
Фиг. 248.—Катушка Румкорфа съ упрощеннымъ прерывателемъ Фуко́.

Приблизительно въ то же время Пулье испыталъ подобное же сотрясеніе во время занятій въ кабинетѣ парижскаго физико-математическаго факультета: взявъ въ руки концы намагничивающей спирали, погруженные въ чашечку со ртутью, и такимъ образомъ разомкнувъ въ то же время цѣпь большого электромагнита, онъ совершенно неожиданно почувствовалъ сильнѣйшее сотрясеніе. Фарадей установилъ, что какъ искра, такъ и сотрясеніе, сопровождающія прерываніе цѣпи элемента, производятся новымъ токомъ, наводимымъ въ той же самой цѣпи прекращеніемъ первоначальнаго тока. Этотъ-то наведенный токъ и получилъ названіе *экстра-тока прерыванія*. Пробѣгая въ одномъ направленіи съ первичнымъ, онъ, уже благодаря одному этому, продолжаетъ его; но онъ продолжаетъ его еще и болѣе непосредственнымъ путемъ: увлекая съ концовъ обѣихъ проволокъ металлическіе пары и въ то же время нагрѣвая



Фиг. 249.—Сотрясеніе, производимое экстра-токомъ прерыванія.

встрѣчаемый на пути воздухъ, искра экстра-тока, по этимъ двумъ причинамъ, пріобрѣтаетъ свойство проводника, и пока она продолжается, дѣло происходитъ такъ, какъ еслибы концы проволоки были соединены между собою весьма длинною проволокой; другими словами, по пути искры проходитъ токъ, хотя и не столь сильный, какъ токъ до прерыванія. Отсюда слѣдуетъ, что исчезновеніе тока при прерываніи цѣпи совершается не сразу, но въ теченіе весьма короткаго промежутка времени.



Фиг. 250.—Большой прерыватель Фуко.

Въ индукціонной катушкѣ искра, даваемая экстра-токомъ, ясно видна между двумя соприкосающимися частями прерывателя.

Въ виду того, что все, препятствующее мгновенному исчезновенію наводящаго тока, служитъ къ ослабленію силы катушки, издавна стремятся уменьшить, насколько возможно, искру экстра-тока, удлиняющую періодъ наведенія; но эти искры вредны еще и въ другомъ отношеніи: онѣ быстро разрушаютъ первоначальную поверхность соприкасающихся частей въ прерывателѣ, что влечетъ за собою нарушеніе дѣйствія послѣдняго. Физо, въ 1853 г., довольно удачно разрѣшилъ занимающую насъ задачу, соединивъ посредствомъ двухъ проволокъ первичную цѣпь въ двухъ точкахъ по сю и по ту сторону прерывателя съ соотвѣтствующими обкладками конденсатора. Вводя такимъ образомъ въ эту цѣпь конденсаторъ, онъ заставляетъ экстра-токъ размыканія, тратившійся прежде

на размыкательную искру, израсходовать большую часть своей энергіи на заряженіе конденсатора, вслѣдствіе чего искра, если и не уничтожается совершенно, все же значительно уменьшается, и токи, наводимые во вторичной проволокѣ, являются гораздо болѣе напряженными.

Въ тотъ моментъ, когда возможная еще въ прерывателѣ искра прекращается, конденсаторъ разряжается и, производя такимъ образомъ токъ, имѣющій направленіе противоположное току, даваемому элементомъ, приводитъ катушку въ ея нормальное положеніе, размагничивая желѣзное ядро послѣдней. Въ самомъ дѣлѣ, мы знаемъ (стр. 82), что два тока противоположныхъ направленій производятъ противоположныя намагниченіи стержня изъ мягкаго желѣза.

Въ 1856 г. Фуко, воспользовавшемуся наблюденіями, сдѣланными въ 1840 г. Поггендорфомъ, удалось въ значительной мѣрѣ ослабить размыкательную искру, производя прерываніе цѣпи между ртутью и остріемъ въ слоѣ обсолютнаго алкоголя,—жидкости, плохо проводящей и вмѣстѣ съ тѣмъ, благодаря своимъ значительнымъ охлаждающимъ свойствамъ, производящей быстрое сгущеніе металлическихъ паровъ, о проводящей роли которыхъ было говорено выше.

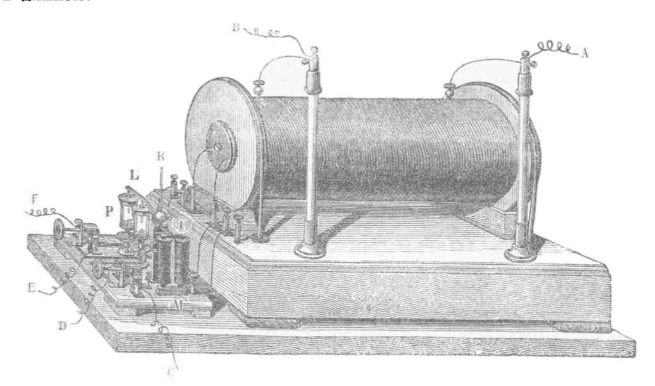
Въ прерывателѣ Фуко (*фиг.* 250) токъ въ электромагнитъ E посылается черезъ посредство коммутатора M особымъ вспомогательнымъ элементомъ P; этотъ токъ (обозначенъ непрерывною стрѣлкой) вступаетъ, на пути, въ сосудъ V со ртутью, поверхъ которой налитъ спиртъ, а изъ ртути въ остріе *b*. При прохожденіи тока обнаруживаетъ свое дѣйствіе электромагнитъ, притягивающій кусокъ мягкаго желѣза C и отклоняющій вправо упругую пластинку R, несущую рычагъ C *b b'*. Тогда остріе *b* поднимается, вслѣдствіе чего токъ элемента P прерывается—и электромагнитъ размагничивается; но, благодаря этому, пружина R, отклоняясь влѣво, приводитъ рычагъ въ его прежнее положеніе. Эта смѣна явленій можетъ продолжаться неопредѣленно долгое время. При своихъ движеніяхъ рычагъ увлекаетъ съ собою стержень *b'*, входящій въ другой сосудъ V', сходный съ сосудомъ V. Наводящій токъ, идущій въ первичную цѣпь катушки B изъ элемента P', слѣдуетъ направленію, указанному пунктирными стрѣлками. Чрезъ сосудъ V' онъ проходитъ въ то время, когда остріе *b'* соприкасается съ ртутью; но такъ какъ это соприкосновеніе періодически прерывается колебаніемъ пружины R, поддерживаемымъ электромагнитомъ E, то періодическое размыканіе наводящаго тока такимъ образомъ обезпечено; это размыканіе совершается въ слоѣ налитаго поверхъ ртути въ сосудъ V' обсолютнаго алкоголя, представляющаго вышеуказанныя преимущества.

Мы уже видѣли (стр. 63), что намагниченіе желѣзнаго ядра катушки наводящимъ токомъ весьма значительно усиливаетъ наведенный токъ. Но для этого требуется, чтобы размыканіе наводящаго тока происходило не слишкомъ внезапно, иначе намагниченіе не успѣваетъ достигнуть значительной степени, особенно если ядро имѣетъ большіе размѣры; отъ этого и усиленіе индуктивнаго тока не можетъ быть значительнымъ. Если же прерывающій механизмъ катушки дѣйствуетъ самостоятельно, независимо отъ катушки, какъ у Фуко, то получается легкая возможность, путемъ соотвѣтствующаго регулированія періода, достигать при прерываніи наибольшаго эффекта. Регулированіе это производится перемѣщеніемъ небольшой тяжести вдоль пружины R. На фигурѣ 251 изображена индукціонная катушка, снабженная полнымъ прерывателемъ Фуко.

Что касается размѣровъ катушекъ, то въ этомъ отношеніи мы встрѣчаемъ большое разнообразіе. Изъ колоссальныхъ аппаратовъ укажемъ на катушку, изготовленную Эппсомъ въ Англіи. Этотъ аппаратъ, красовавшійся на электрической выставкѣ 1881 г., даетъ искры длиною въ 108 сантиметровъ. Его первичная спираль состоитъ изъ 1344 оборотовъ мѣдной проволоки 512 метровъ длины и 0,245 миллим. въ діаметрѣ, намотанной на катушку, имѣющей 106 сантим. въ длину. Внутри этой спирали, по оси ея, расположенъ пукъ желѣзныхъ проволокъ, имѣющій 112 сант. длины и 9 сант. въ діаметрѣ. Вторичная спираль состоитъ изъ проволоки длиною въ 450 километровъ и 0,024 миллим. въ діа-

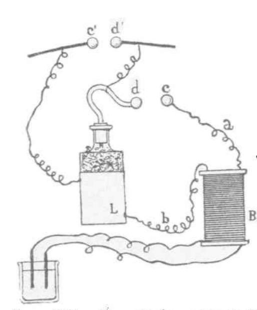
метрѣ, обмотанной въ 341850 оборотовъ. Поверхность конденсатора равна 26 квадр. метрамъ.

Катушка, за которую Румкфору была присуждена въ 1867 г. премія французскаго правительства, предназначенная къ выдачѣ за снарядъ, наилучшимъ образомъ осуществляющій „приложеніе элемента", давалъ искры въ 60 сантиметровъ длиною.



Фиг. 251.—Катушка Румкорфа съ прерывателемъ Фуко.

Въ подобныхъ катушкахъ разность потенціаловъ, существующая между какими-нибудь двумя отдаленными одна отъ другой точками вторичной проволоки, должна быть очень велика; если притомъ обмотка сдѣлана такъ, что эти двѣ точки лежатъ одна надъ другой, то ясно, что покрывающій проволоку изоляторъ можетъ быть пробитъ совершенно такъ, какъ иногда пробивается стѣнка лейденской банки, въ тѣхъ случаяхъ, когда обкладки представляютъ значительную разность потенціаловъ. Во избѣжаніе этого страшнаго неудобства, катушку, согласно указанію, сдѣланному Поггендорфомъ въ 1850 г., многократно разгораживаютъ, т.-е. изъ наводимой проволоки приготовляютъ множество спиралей, имѣющихъ форму тонкаго диска, которыя затѣмъ ставятъ рядомъ, отдѣляя ихъ одну отъ другой изолирующими пластинками, и концы этихъ спиралей, соединяютъ послѣдовательно, какъ рядъ элементовъ. Такимъ образомъ избѣгаютъ располагать одинъ надъ другимъ два оборота, отстоящіе другъ отъ друга на значительную длину.



Фиг. 252.—Заряженіе лейденской банки индукціонной катушкой.

Съ большими катушками, производящими громадныя дѣйствія, слѣдуетъ обращаться весьма осторожно. Иныя катушки пробиваютъ стеклянныя пластинки 15 сант. толщины.

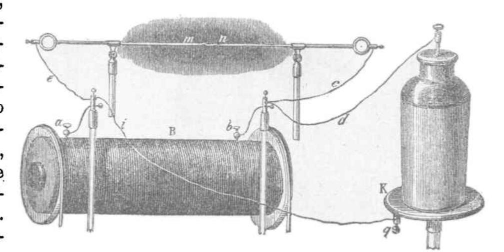
Смотря по размѣрамъ катушки, для надлежащаго дѣйствія послѣдней требуется то или иное число послѣдовательно соединенныхъ элементовъ. Для катушки, дающей искры въ 5—10 сантим. длины, достаточно уже одного элемента Бунзена, между тѣмъ какъ для большихъ катушекъ приходится брать 10 — 12 такихъ элементовъ.

Медицинскія катушки, употребляющіяся при лѣченіи извѣстныхъ нервныхъ болѣзней, преимущественно страданій мышцъ, отличаются относительно небол-

шою силою. Желаемая степень электрическаго сотрясенія достигается здѣсь помощью *градуирующаго* приспособленія. Для такого градуированія достаточно либо соотвѣтствующее передвиганіе желѣзнаго ядра внутри катушки, либо передвиганіе самой первичной спирали, потому что настоящее дѣйствіе на вторичную спираль оказываютъ только вложенныя въ нее части первичной катушки желѣзнаго ядра, выдвинутыя же части этихъ послѣднихъ имѣютъ незначительное вліяніе. Исключить дѣйствіе на вторичную спираль большей или меньшей части первичной можно также и другимъ способомъ, именно вдвигая между обѣими спиралями соотвѣтствующую часть мѣдной цилиндрической трубки, которою какъ замѣтилъ американскій ученый Генри въ 1840 г., значительно ослабляется наведеніе. Въ виду указанной способности подобная трубка называется *индукціоннымъ экраномъ*, т.-е. преградою для индукціи.

Желая испытывать индукціонныя сотрясенія въ теченіе нѣкотораго времени, берутъ въ каждую руку по одной изъ двухъ рукоятокъ, которыми оканчивается наводимая проволока. Для возбужденія отдѣльной мышцы, вводятъ въ цѣпь только эту послѣднюю.

Энергія, почерпаемая катушкой изъ химическихъ реакцій, совершающихся въ элементѣ, который поддерживаетъ наводящій токъ, находитъ себѣ такое же примѣненіе, какъ и *энергія*, заимствуемая у механическаго двигателя какой-нибудь электрической машиной, напр., машиной Гольтца. Но въ виду того, что катушка даетъ чередующіеся токи — то прямые, то обратные, нѣкоторые случаи требуютъ извѣстныхъ предосторожностей. Такъ, для того, чтобы зарядить одну лейденскую банку или батарею изъ такихъ баночъ, недостаточно соединить ихъ обкладки съ обоими полюсами катушки, такъ какъ одна и та же обкладка поперемѣнно будетъ заряжаться при этомъ то однимъ, то другимъ—противоположнымъ электричествомъ. Поэтому поступаютъ слѣдующимъ образомъ. Внѣшнюю обкладку лейденской банки L (*фиг.* 252) соединяютъ съ одной стороны съ однимъ концомъ *b* вторичной проволоки, а съ другой—съ вѣтвью *c'* разрядника. Внутреннюю обкладку соединяютъ со второю вѣтвью *d'* разрядника, а другой конецъ *a* вторичной проволоки катушки B—со стержнемъ, имѣющимъ на свободномъ концѣ шарикъ *c*, который помѣщаютъ противъ шарика *d* лейденской банки. Затѣмъ, повернувъ коммутаторы, приводятъ катушку въ дѣйствіе, причемъ разстояніе *cd* должно быть выбрано такъ, чтобы между *c* и *d* проходила искра только отъ прямого тока, которая, накопляя на внутренней обкладкѣ электричество все одного и того же рода, такимъ образомъ заряжаетъ банку. Всякій разъ, когда между шариками *c'* и *d'* установится достаточно большая разность потенціаловъ, между ними будетъ пробѣгать искра (для того, чтобы банка разряжалась при этомъ именно чрезъ разрядникъ, а не между *c* и *d*, т.-е. чрезъ катушку, разстояніе между *c'* и *d'* меньше разстоянія между шариками *c* и *d*). Такимъ образомъ между *c* и *d* происходятъ искры, доставляемыя катушкой и заряжающія банку, а между *c'* и *d'*—искры, посредствомъ которыхъ эта банка разряжается. Ясно, что соотвѣтствующее одной разряжающей искрѣ количество искръ заряжающихъ зависитъ отъ *производительности* катушки, съ одной стороны, и отъ *емкости* банки—съ другой; но количество электричества, получаемаго бан-

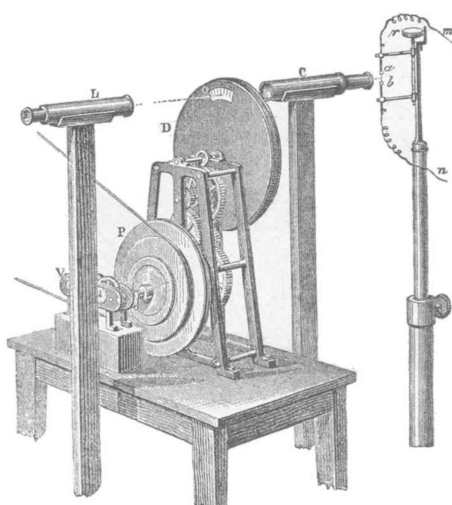


Фиг. 253.—Конденсаторъ въ отводѣ отъ разрядника Румкорфовой катушки.

кою, въ теченіе промежутка между двумя ея разрядами, всегда остается равнымъ тому количеству, которое она отдаетъ при каждомъ разрядѣ: разряжающая искра отличается гораздо большею толщиной и силой, нежели заряжающія.

Подобный же результатъ получается при соединеніи вѣтвей m и n (*фиг.* 253) разрядника съ обкладками К и p конденсатора. Этотъ конденсаторъ, помѣщающійся *въ отводѣ* отъ разрядника, заряжается, благодаря чему происходитъ уменьшніее частоты искръ между m и n вмѣстѣ съ увеличеніемъ *энергіи* этихъ послѣднихъ на величину, равную энергіи конденсатора.

Жамену удавалось расплавлять и улетучивать проволоки болѣе 1 метра длиною, пропуская черезъ нихъ разрядъ батареи изъ 120 лейденскихъ банокъ, заряженныхъ искрою системы четырехъ катушекъ, изъ которыхъ каждая питалась двумя элементами Бунзена.



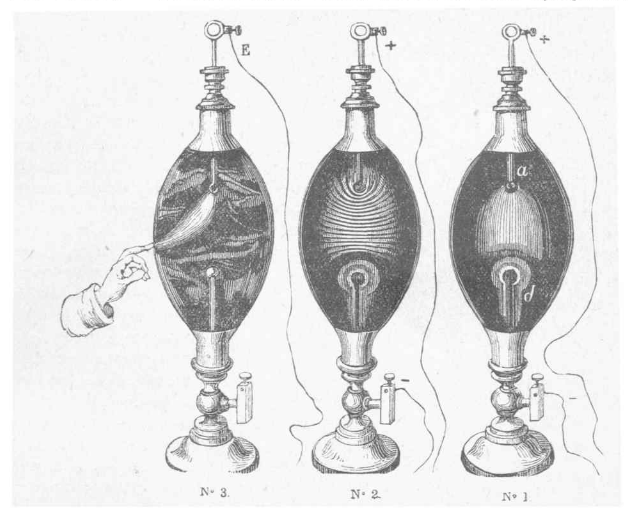
Фиг. 254. — Хроноскопъ для опредѣленія продолжительности искры, пробѣгающей между a и b. Искру наблюдаютъ въ зрительную трубку L.

С—коллиматоръ. Вращая колесо, скрытое въ коробкѣ D, заставляютъ совпасть со свѣтовымъ лучемъ отъ искры узенькія прозрачныя мѣста o. По числу одновременно видимыхъ свѣтлыхъ линій и по скорости вращенія колеса приблизительно опредѣляется продолжительность искры a b.

Теперь перейдемъ къ разсмотрѣнію весьма разнообразныхъ явленій, происходящихъ при разряженіи индукціонной катушки въ пространствѣ, содержащемъ болѣе или менѣе разрѣженный газъ или слѣды паровъ различныхъ жидкостей. Предположимъ сперва, что искра проходитъ въ воздухѣ при *обыкновенномъ давленіи*. *Энергіей* искры значительно нагрѣвается проходимый ею воздухъ и уносятся металлическіе пары съ концовъ наводимой проволоки; распредѣляясь въ нагрѣтомъ воздухѣ, также обладающемъ (благодаря своей высокой температурѣ) проводящими свойствами, эти пары дополняютъ такимъ образомъ вторичную цѣпь. Наблюдая такую искру, можно замѣтить, что она состоитъ изъ *огненной черты*, окруженной свѣтовымъ ореоломъ, какъ бы футляромъ. Лиссажу примѣнилъ къ изслѣдованію искры уже знакомый намъ (стр. 156) методъ вращающагося зеркала, придуманный Уитстономъ въ 1834 г. Тутъ въ зеркалѣ разсматривается уже не безпрерывно свѣтящееся пламя, дающее непрерывную огненную ленту, а искра. Очевидно, что, въ случаѣ мгновенности искры, эта послѣдняя не можетъ быть, такъ сказать, развернута зеркаломъ, съ какою бы скоростью оно ни вращалось; если же, напротивъ, она сверкаетъ въ теченіе нѣкотораго измѣримаго промежутка времени, то она должна давать свѣтовую полосу, длина которой будетъ измѣняться въ зависимости какъ отъ скорости вращенія зеркала, такъ и отъ продолжительности самой искры. При помощи этого метода можно убѣдиться, что упомянутая огненная черта мгновенна, между тѣмъ какъ сопровождающій и окружающій ее ореолъ продолжается нѣсколько милліонныхъ долей секунды. Продолжительность искръ измѣряется помощью предназначеннаго спеціально для этой цѣли *хроноскопа* (*фиг.* 254).

Чтобъ имѣть легкую возможность измѣнять по произволу среду, въ которой производится разрядъ, и ея давленіе, разрядникъ *a d* заключаютъ въ овальный стеклянный сосудъ, въ такъ-называемое *электрическое яйцо* (*фиг.* 255). Къ нижней оправѣ сосуда придѣлывается трубка, снабженная краномъ, чрезъ которую можно выкачивать содержащійся въ сосудѣ газъ. Чрезъ верхнюю оправу пропускается стержень *a*, могущій скользить въ выложенной кожею трубкѣ.

Положимъ, что стержень *a* соединенъ съ положительнымъ, а стержень *d*— съ отрицательнымъ полюсомъ катушки, и будемъ выкачивать изъ сосуда воздухъ. Когда давленіе послѣдняго, измѣряемое столбомъ ртути, становится равнымъ всего 5 — 6 сантиметрамъ, искра, развѣтвившись, превращается въ

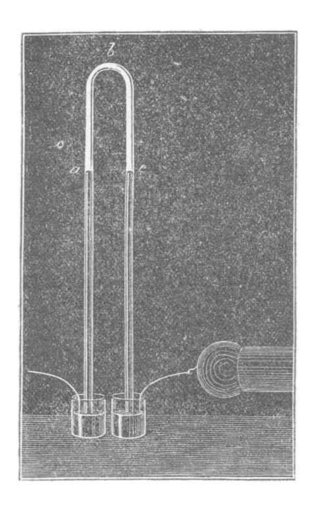


Фиг. 255.—Разрядъ въ электрическомъ яйцѣ.

настоящею кисть: изъ положительнаго стержня *a* выходитъ множество полосокъ пурпуроваго свѣта, изъ которыхъ часть направляется къ стѣнкамъ яйца, а остальныя собираются въ веретено, оканчивающееся у отрицательнаго шарика *d*; вмѣстѣ съ тѣмъ этотъ послѣдній съ соотвѣтствующимъ ему стержнемъ окружены толстымъ слоемъ фіолетоваго свѣта (*фиг.* 255, № 1). При давленіи въ нѣсколько миллиметровъ, упомянутыхъ полосокъ становится такъ много, что совокупность ихъ представляется наблюдателю въ видѣ одного сплошного веретена пурпурно-красноватаго свѣта, особенно блестящаго въ окружности положительнаго шарика. Отрицательный шарикъ сохраняетъ при этомъ свой фіолетовый ореолъ.

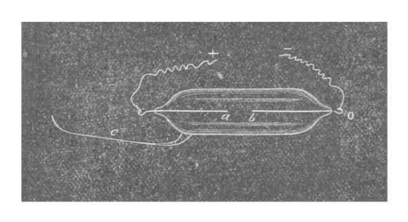
Электрическое сіяніе происходитъ и въ барометрической пустотѣ. Для доказательства этого Деви устроилъ изъ изогнутой стеклянной трубки двойной барометръ (*фиг.* 256), погруженный въ два стаканчика со ртутью; соединяя стаканчики съ полюсами электрической машины, онъ видѣлъ, какъ въ пустомъ пространствѣ *a b c* разливалось слабое сіяніе. При нагрѣваніи ртути, когда отъ нея отдѣляются парообразныя частицы, сіяніе становится весьма яркимъ и принимаетъ зеленую окраску; при введеніи въ пустоту *a b c* нѣсколькихъ пузырьковъ воздуха, цвѣтъ сіянія сперва переходитъ изъ зеленаго въ голубой, а затѣмъ въ пурпуровый.

Въ 1859 г. Гэшетъ въ Лондонѣ показалъ, что если въ яйцѣ произвести болѣе или менѣе совершенную пустоту, то въ немъ уже нельзя тогда наблюдать никакого сіянія. Этотъ опытъ былъ повторенъ Альвернья въ Парижѣ, который, производя возможно совершенную пустоту въ стеклянной трубкѣ (*фиг.* 257), замѣнявшей у него электрическое яйцо, убѣдился, что при этихъ условіяхъ индукціонная катушка уже не даетъ искры между *a* и *b*.



Фиг. 256. — Сіяніе въ барометрической пустотѣ, которое наблюдалъ Деви.

Уже въ 1785 г. В. Морганъ въ докладѣ, озаглавленномъ: *Электрическіе опыты надъ непроводимостью совершенной пустоты*, сообщалъ лондонскому Королевскому Обществу слѣдующее: „Открытую на одномъ концѣ стеклянную трубку въ 375 миллим. длины я наполнилъ ртутью, тщательно очищенною отъ воздуха посредствомъ кипяченія; снаружи, на протяженіи 125 миллим. отъ закрытаго конца, я обложилъ трубку оловяннымъ листомъ. Затѣмъ, погрузивъ открытый конецъ трубки въ чашку со ртутью, черезъ отверстіе въ мѣдной крышкѣ упомянутой чашки, самымъ тщательнымъ образомъ примастичилъ ее такъ, что устранилъ всякую возможность проникновенія въ нее внѣшняго воздуха. Послѣ этого я вытянулъ весь воздухъ изъ верхней части чашки, приведя эту послѣднюю въ сообщеніе съ воздушнымъ насосомъ черезъ отверстіе съ клапаномъ въ верхней оправѣ. Такимъ образомъ я получилъ въ трубкѣ совершенную пустоту, благодаря чему у меня оказался превосходный снарядъ для задуманныхъ мною опытовъ. Приготовивъ себѣ такой аппаратъ (замѣчу еще, что внутрь чашки со ртутью я пропустилъ проволоку для соединенія оправы съ ртутью, въ которую была погружена трубка), я привелъ верхнюю обкладку трубки въ сообщеніе съ кондукторомъ электрической машины, но, несмотря на всѣ старанія, я не могъ получить въ этой совершенной пустотѣ ни малѣйшаго свѣта, никакого разряда“.

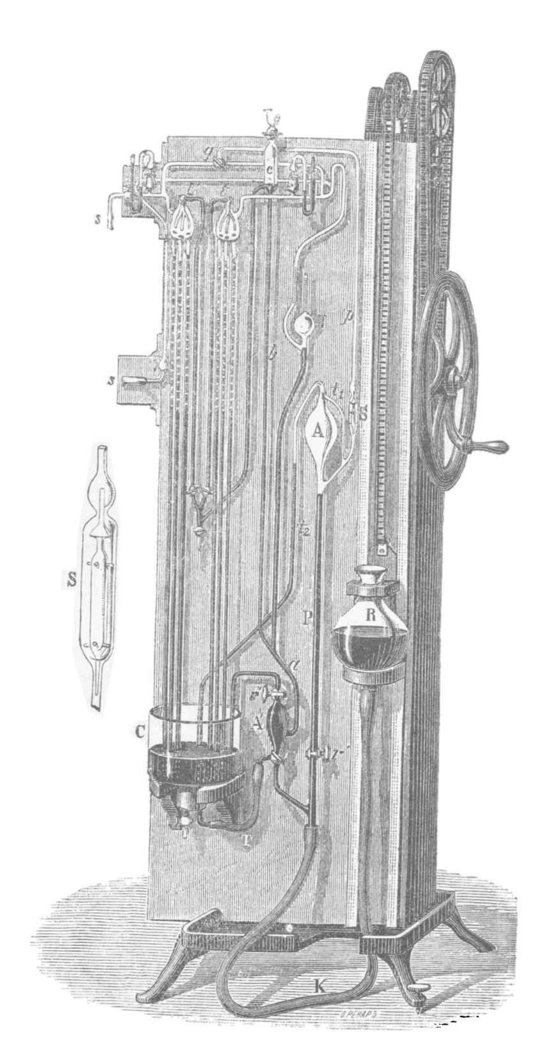


Фиг. 257. — Трубки Альвернья.

Въ пустотѣ нѣтъ искры.—*a*, *b*—проволоки. *c*—трубка для произведенія пустоты.

Въ трубкѣ Альвернья металлическіе стержни обращены другъ къ другу и помѣщаются внутри трубки; въ опытѣ Моргана пустота образуетъ часть изолятора у конденсатора, обкладками котораго служатъ: внутреннею — ртуть въ чашкѣ, а внѣшнею — наклеенный на трубку оловянный листъ.

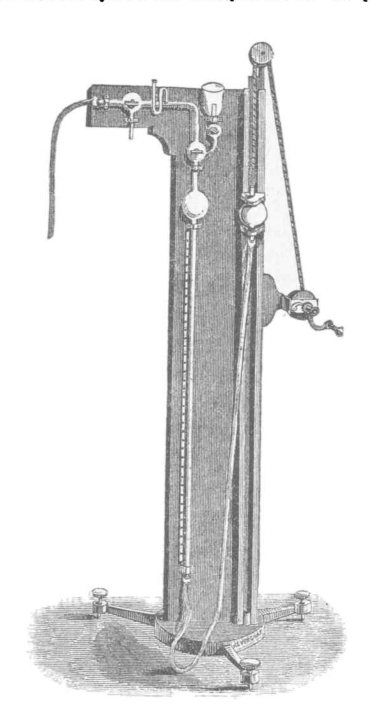
Если ртуть, содержащаяся въ трубкѣ, не совершенно освобождена отъ воздуха, опытъ не удается; но тогда сіяніе имѣетъ прекрасную зеленую окраску, а не фіолетовую, какъ въ случаѣ воздуха, разрѣженнаго помощью воздушнаго насоса. Этимъ явленіемъ можно пользоваться какъ показателемъ степени



Фиг. 258.—Насосъ Альверныя скораго дѣйствія

разрѣженія воздуха. Такъ, иногда случалось, что при производствѣ описанныхъ опытовъ въ трубку проникалъ пузырекъ воздуха; тогда электрическій свѣтъ

становился видимымъ, причемъ, какъ обыкновенно, представлялъ зеленый оттѣнокъ; но когда, благодаря повторнымъ разрядамъ, въ дальнѣйшемъ теченіи опыта лопалась трубка въ верхней своей части, такъ что внѣшнему воздуху представлялась возможность все болѣе и болѣе проникать въ трубку,—окраска электрическаго свѣта постепенно переходила изъ зеленой въ голубую, изъ голубой въ синюю и, наконецъ, становилась фіолетовой. Съ другой стороны, Кальете доказалъ, что по мѣрѣ сгущенія воздуха, раздѣляющаго полюсы индукціонной катушки, прохожденіе искры между полюсами все болѣе и болѣе затрудняется, такъ что катушка, при обыкновенномъ давленіи сухого воздуха дающая искры въ 30 сантиметр., при сжатіи сухого же воздуха въ 40—50 разъ могла давать

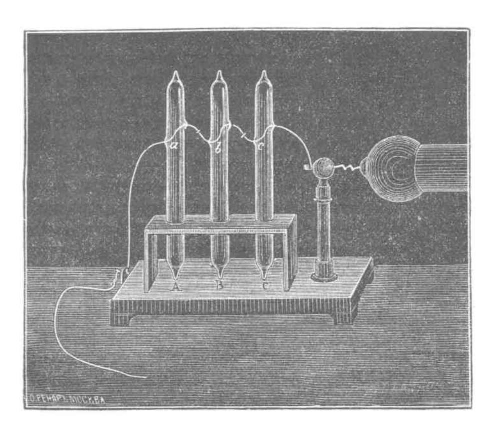


Фиг. 259.—Малый ртутный насосъ Альвернья.

лишь искры около полумиллиметра длины. Въ виду этого необходимо заключить съ Морганомъ, что „при разрѣженіи воздуха является, наконецъ, предѣлъ, за которымъ этотъ газъ уже перестаетъ пропускать искру; другими словами, что при достаточномъ удаленіи молекулъ воздуха однихъ отъ другихъ передача по нимъ электричества дѣлается уже невозможной; наоборотъ, при приближеніи ихъ другъ къ другу до извѣстнаго разстоянія воздухъ становится проводникомъ, сохраняя это свойство до тѣхъ поръ, пока не наступитъ предѣльное сгущеніе молекулъ, при которомъ воздухъ утрачиваетъ свою проводимость“.

„Достовѣрно,—говоритъ Жуберъ въ своемъ *Ученіи объ электричествѣ*,—что *полярное сіяніе* есть явленіе электрическое. Это—разрядъ въ разрѣженномъ воздухѣ, совершенно сходный съ разрядомъ въ Гейсслеровыхъ трубкахъ. Трудно сказать, въ какомъ направленіи этотъ разрядъ совершается; повидимому, однако, онъ направляется изъ верхнихъ слоевъ къ поверхности земли. Упомянутое явленіе происходитъ на весьма различныхъ высотахъ: въ однихъ изъ наблюденныхъ случаевъ полярныя сіянія поднимались не выше 2 километровъ, въ другихъ—высота превышала 150 километровъ. Какъ и въ трубкахъ, изъ которыхъ выкачивается воздухъ, свѣтъ производится здѣсь газообразными частицами, раскаляющимися отъ дѣйствія электрическаго разряда“.

Электрическій разрядъ представляетъ еще и другія особенности. Абріа первый замѣтилъ въ 1843 г., что свѣтъ, появляющійся при разрядѣ индукціонной катушки въ электрическомъ яйцѣ или въ стеклянной трубкѣ, въ которыхъ воздухъ разрѣженъ до давленія въ нѣсколько миллиметровъ ртутнаго столба, представляется состоящимъ изъ поперечныхъ чередующихся между собою свѣтлыхъ и темныхъ слоевъ. Это—явленіе *слоистости* (стратификаціи) разряда.



Фиг. 260.—Окраска искры зависитъ отъ того газа или пара, въ которомъ она происходитъ.

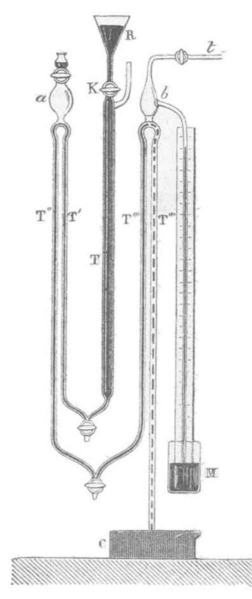
На фигурѣ 255, № 2, изображено яйцо съ такимъ сіяніемъ: положительный полюсъ оканчивается весьма блестящею точкой, за которой слѣдуютъ кривые слои, обращенные къ полюсу своими вогнутыми сторонами; въ расширенной части яйца сіяніе представляется блѣднымъ, а въ узкихъ частяхъ—весьма яркимъ. Наконецъ, передъ отрицательнымъ шарикомъ,—который, вмѣстѣ съ соотвѣтствующимъ стержнемъ, окруженъ свѣтящимся слоемъ,—находится темный слой, такъ называемый *темный разрядъ* Фарадея.

Явленіе слоистости, которое въ настоящее время такъ легко демонстрируется въ трубкахъ, впервые изготовленныхъ механикомъ Гейсслеромъ въ Боннѣ при помощи придуманнаго имъ воздушнаго насоса *), было изучено не

*) Въ томъ усовершенствованномъ видѣ, въ какомъ названный снарядъ изготовляется механикомъ Альвернья, онъ состоитъ (*фиг.* 258 и 259) изъ содержащаго ртуть резервуара R, сообщающагося посредствомъ каучуковой трубки K съ вертикальной трубкой P. Послѣдняя оканчивается большимъ расширеніемъ A, изъ котораго выходятъ три трубки: одна изъ нихъ t_1 сообщаетъ между собою верхнюю и нижнюю части расширенія, t_2 есть двукратно изогнутая трубка, конецъ которой погруженъ въ чашку со ртутью C; наконецъ, третья трубка p идетъ въ тотъ сосудъ, изъ котораго желаютъ выкачать воздухъ или вообще содержащійся въ немъ газъ; въ S трубка p пред-

далѣе какъ около 1852 г. Гровомъ въ Англіи и Румкорфомъ, Ке, Сегэномъ во Франціи.

Эти трубки, кромѣ весьма разрѣженнаго воздуха, содержатъ обыкновенно и слѣды спирта или скипидара, сѣрнистаго углерода, хлористаго олова, нефти, фтористаго кальція и т. д. Съ катушкой онѣ соединяются посредствомъ кусочковъ платиновой проволоки, вдѣланныхъ въ концы трубокъ. Окраска электрическаго сіянія въ подобныхъ трубкахъ зависитъ отъ состава содержащихся въ нихъ веществъ. Иногда такимъ трубкамъ придаютъ причудливую форму, отчего сіяніе является болѣе эффектнымъ.



Фиг. 261.— Принципъ насоса (аспиратора) Шпренгеля.

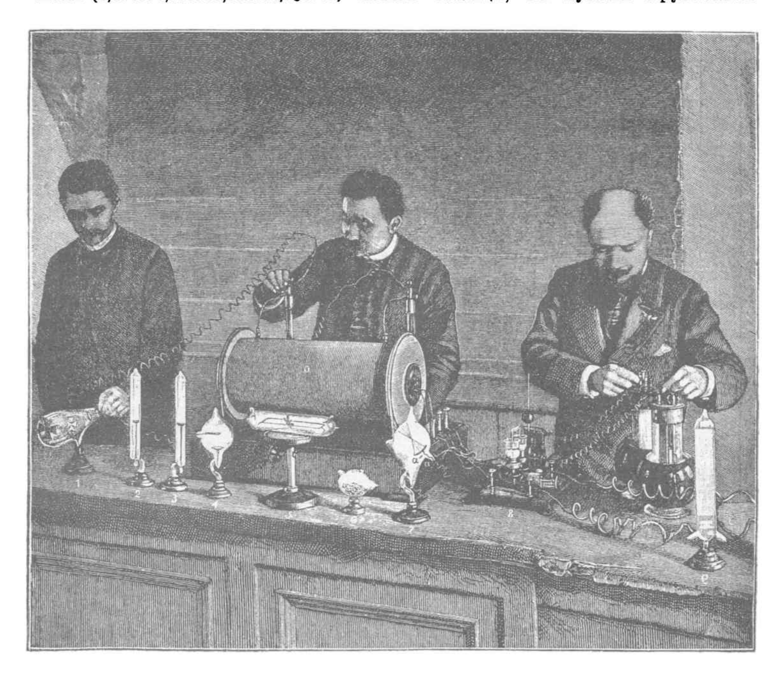
Обыкновенная искра (*фиг.* 260), пробѣгая между концами двухъ платиновыхъ проволокъ, мѣняетъ окраску въ зависимости отъ газа, въ которомъ она проходитъ: такъ, въ азотѣ она ярче и звучнѣе, чѣмъ въ воздухѣ; въ водородѣ она отличается малою звучностью и принимаетъ малиновую окраску; въ углекислотѣ она представляется зеленой, и т. д.; наконецъ, на особенности искры вліяютъ давленіе газа, его температура и пр.

Явленіе слоистости можно произвести не только съ индукціонною катушкой (которая, надо сказать, удивительно хорошо служитъ для этой цѣли), но и другими способами. Для этого можно воспользоваться, напр., лейденской банкой. При прохожденіи чрезъ Гейсслерову трубку обыкновеннаго разряда такой банки, въ трубкѣ, конечно, получается сіяніе, но для появленія слоистости необходимо или взять слабо заряженную банку, или одну изъ проволокъ трубки соединить съ внѣшнею обкладкой банки посредствомъ влажнаго пеньковаго шнурка. Для того, чтобы вызвать разрядъ, который, благодаря такому соединенію, удлиняется, прикасаются къ шарику лейденской банки другой проволокой Гейсслеровой трубки.—Различные ученые объясняютъ вышеописанныя явленія различнымъ образомъ. Но мы не будемъ приводить этихъ объясненій, такъ какъ ни одно изъ нихъ не можетъ считаться удовлетворительнымъ, не можетъ быть принято.

При произведеніи разряда индукціонной катушки не чрезъ Гейсслерову трубку, а чрезъ такую, въ которой пустота въ тысячу разъ совершен-

ставляетъ расширеніе, заключающее въ себѣ такъ-называемый *кранъ*: это—коническая стеклянная пробка, могущая автоматически запирать трубку. Теперь посмотримъ, какъ дѣйствуетъ описанный аппаратъ. Предположимъ, что изъ сосуда нужно выкачать воздухъ, находящійся въ немъ подъ атмосфернымъ давленіемъ. Посредствомъ зубчатыхъ колесъ и цѣпочки (изображенныхъ на рисункѣ) поднимаютъ резервуаръ R; тогда часть содержащейся въ немъ ртути переходитъ въ трубку KP, выталкивая изъ послѣдней воздухъ на поверхность C. Какъ только ртуть наполняетъ нижнюю часть расширенія A, она прерываетъ сообщеніе между A и сосудомъ, изъ котораго требуется выкачать воздухъ. Резервуаръ со ртутью поднимаютъ до тѣхъ поръ, пока A и t_2 совершенно не наполнятся ртутью, для того, чтобы весь воздухъ, находящійся въ расширеніи A и трубкахъ t_1 и t_2, вышелъ во внѣшнюю атмосферу. Затѣмъ резервуаръ R спускаютъ, приводятъ въ его первоначальное положеніе. Тогда ртуть опускается, перестаетъ закрывать мѣсто соединенія трубокъ t_1 и p, и сосудъ, изъ котораго выкачиваютъ воздухъ, тотчасъ же соединяется съ расширеніемъ A; такъ какъ изъ послѣдняго только-что былъ выгнанъ весь воздухъ, то въ него устремляется часть воздуха изъ упомянутаго сосуда, въ которомъ оставшійся воздухъ, очевидно, долженъ, вслѣдствіе этого, разрѣдиться тѣмъ болѣе, чѣмъ больше расширеніе A. При слѣдующемъ поднятіи резервуара R, A вновь освободится отъ воздуха, а при новомъ опусканіи резервуара опять присосетъ часть воздуха изъ сосуда. Такимъ образомъ послѣдній будетъ все болѣе терять содержащійся въ немъ

нѣе *), наблюдаются уже совершенно неожиданныя явленія, изученныя *Вильямомъ Круксомъ* въ 1879 г. Въ такой пустотѣ, безъ сомнѣнія, остается еще огромное количество воздушныхъ частицъ, но между ними нѣтъ уже при этомъ того безпрерывнаго и безпорядочнаго взаимнаго противодѣйствія, какъ при обыкновенныхъ условіяхъ. По допустимымъ въ настоящее время гипотезамъ различныхъ ученыхъ, въ стеклянномъ баллонѣ 13,5 сант. въ діаметрѣ содержится одинъ квадрилліонъ (1,000000,000000,000000,000000) такихъ частицъ; въ пустотѣ Круксовыхъ



262.—Опыты надъ лучистой матеріей.

трубокъ число ихъ доводится до одного трилліона (1,000000,000000,000000),—величины, какъ видимъ, далеко не ничтожной. Вещество разрѣженное настолько,

---

воздухъ. Степень разрѣженія указывается небольшимъ манометромъ b; по мѣрѣ приближенія къ пустотѣ, уровни ртути въ обоихъ колѣнахъ его все болѣе и болѣе уравниваются. Въ описываемомъ снарядѣ движеніе резервуара вверхъ и внизъ соотвѣтствуетъ движенію поршня въ водяномъ насосѣ: въ первую половину движенія воздухъ присасывается изъ s въ A, во вторую—выгоняется наружу. Замѣтимъ, что отъ давленія атмосферы на поверхность резервуара R и чашки C, ртуть въ трубкахъ P′ и t_2 по мѣрѣ разрѣженія воздуха поднимается все выше и выше, причемъ уровни въ трубкахъ P и t_2, могутъ превысить уровни ртути въ R и C самое большое на величину, показываемую барометромъ. Когда уже достигнуто достаточно большое разрѣженіе, ртуть,—которая, при наивысшемъ положеніи резервуара R, стремится подняться въ трубкѣ p на высоту близкую къ высотѣ, показываемой барометромъ, — прижимаетъ пробку S къ p и такимъ образомъ сама преграждаетъ себѣ входъ въ трубку p; при опусканіи ртути пробка въ силу собственной тяжести отпадаетъ, благодаря чему сообщеніе между сосудомъ и расширеніемъ A снова возстановляется.

*) Для полученія надлежащей пустоты В. Круксъ пользовался насосомъ Шпренгеля (*фиг.* 261), дѣйствующимъ весьма просто. Сосудъ, въ которомъ желаютъ произвести пустоту, сообщается

что умозрительнымъ путемъ мы не въ состояніи предугадать его свойствъ, Фарадей, въ 1816 г., назвалъ *лучистою матеріей*. „Если вообразимъ,—говоритъ онъ въ одной изъ своихъ лекцій, посвященной *лучистой матеріи*,—такое состояніе матеріи, которое было бы такъ далеко отъ газообразнаго, какъ это послѣднее отъ жидкаго, то мы, при помощи воображенія, быть-можетъ составимъ себѣ приблизительное представленіе о лучистой матеріи“. Существованіе этого четвертаго, лучистаго состоянія матеріи, допущеннаго Фарадеемъ, было показано *Вильямомъ Круксомъ* *). Въ своемъ докладѣ „О лучистой матеріи“, прочитанномъ на съѣздѣ Британской ассоціаціи для развитія наукъ, Круксъ слѣдующимъ образомъ излагаетъ свою теорію.

„Еслибы кто-нибудь въ началѣ этого столѣтія спросилъ, что̀ такое газъ, ему отвѣтили бы, что это—до такой степени разрѣженная матерія, которая уже не можетъ быть осязаема, за исключеніемъ тѣхъ случаевъ, когда она находится въ сильномъ движеніи,—которая не видима, не обладаетъ способностью твердаго тѣла—принять ту или иную опредѣленную форму, и не можетъ образовать капель, какъ это свойственно жидкостямъ,—которая стремится расшириться всякій разъ, когда она не встрѣчаетъ препятствій къ этому, и, наоборотъ,—сжаться подъ вліяніемъ давленія. Таковы были главныя свойства, которыя приписывались газамъ лѣтъ шестьдесятъ тому назадъ. Но новѣйшія научныя изслѣдованія значительно расширили и измѣнили взглядъ на строеніе этихъ

съ трубкою *t*, затѣмъ открываютъ кранъ К. Тогда ртуть изъ резервуара R вытекаетъ въ трубку T, оттуда въ T′; тотъ воздухъ, который ртуть могла увлечь съ собой, она оставляетъ въ расширеніи *a*, затѣмъ опускается по трубкѣ T″ для того, чтобы потомъ снова подняться по трубкѣ T‴. Послѣдняя въ концѣ съужена настолько, что ртуть изъ нея можетъ вытекать не иначе, какъ по каплямъ, которыя по трубкѣ T⁗ изливаются, наконецъ, въ чашку *c*. Посредствомъ трубки *t* сосудъ, изъ котораго желаютъ выкачать газъ, сообщается съ рядомъ малыхъ пустыхъ пространствъ, послѣдовательно расположенныхъ между каждыми двумя смежными каплями ртути, вслѣдствіе чего содержащійся въ сосудѣ воздухъ наполняетъ всѣ эти пространста при переходѣ капель изъ T‴ въ T⁗, а въ концѣ-концовъ выходитъ на поверхность чашки *c*. Описаннымъ способомъ достигается весьма совершенная пустота, но медленно. Дѣло ускоряется, когда имѣется не одна, а нѣсколько такихъ трубокъ, какъ T⁗. Время отъ времени въ резервуаръ R приливаютъ ртути изъ чашки *c*, во избѣжаніе прекращенія дѣйствія снаряда. Еще болѣе совершенная пустота достигается при нагрѣваніи того сосуда, изъ котораго выкачиваютъ газъ. Степень разрѣженія въ каждый данный моментъ указывается манометромъ *b*. Обыкновенно выкачиваніе газа производится вначалѣ какимъ-нибудь менѣе совершеннымъ воздушнымъ насосомъ, напр., насосомъ Гейсслера, а дальнѣйшее разрѣженіе—аспираторомъ Шпренгеля скораго дѣйствія. На фигурѣ 258 представлено соединеніе обоихъ этихъ аппаратовъ.

*) Вильямъ Круксъ, род. въ Лондонѣ 17-го іюня 1832 г. За блестящіе успѣхи, оказанные имъ въ Королевской химической коллегіи, получилъ въ 1848 г. большую Эшбортоновскую награду; девятнадцати лѣтъ былъ препараторомъ химика Гофмана, двадцати—экстраординарнымъ профессоромъ Королевской, а двадцати трехъ—ординарнымъ профессоромъ Честерской химической коллегіи. Въ 1861 г. помощью химическаго и спектральнаго анализа получилъ новый металлъ—*таллій*. Въ 1863 г. былъ выбранъ въ члены лондонскаго Королевскаго Общества. Послѣ ряда изслѣдованій надъ указаннымъ Френелемъ отталкиваніемъ, производимымъ свѣтовыми лучами, онъ изобрѣлъ снарядъ, извѣстный подъ названіемъ *радіометра* (лучемѣръ) и представилъ въ Королевское Общество сочиненіе подъ заглавіемъ: *Опыты надъ отталкиваніемъ, происходящимъ вслѣдствіе радіаціи*. Послѣ избранія его въ президенты химическаго Общества, онъ написалъ извѣстную статью—*Молекулярныя физическія явленія въ пустотѣ*, гдѣ принимаетъ существованіе четвертаго состоянія матеріи, именно экстра-газообразнаго, или лучистаго. По повтореніи имъ его опытовъ по этому вопросу въ парижской Сорбоннѣ, въ 1879 г., академія наукъ присудила ему золотую медаль и премію въ три тысячи франковъ. Въ 1881 г., на международной электрической выставкѣ въ Парижѣ, Круксъ не могъ получить никакой награды, такъ какъ состоялъ однимъ изъ экспертовъ выставки, но за то его товарищи по экспертизѣ, по разсмотрѣніи всѣхъ экспонированныхъ системъ лампъ накаливанія, единодушно признали, что „ни одна изъ этихъ системъ не давала бы никакого практическаго результата безъ помощи почти абсолютной пустоты, которая впервые была получена В. Круксомъ“. Въ 1887 г. Круксъ прочелъ въ лондонскомъ химическомъ Обществѣ свое изслѣдованіе по общей химіи, озаглавленное: *О происхожденіи элементовъ*, въ которомъ говоритъ, что химическіе элементы отнюдь нельзя считать простыми и первичными, происшедшими случайнымъ путемъ, созданными безъ опредѣленнаго порядка, а необходимо думать, что они явились результатомъ усложненія болѣе простыхъ веществъ, быть-можетъ, даже одного какого-либо вещества, которое не есть водородъ,—наипростѣйшій по составу изъ всѣхъ извѣстныхъ химическихъ элементовъ и имѣющій наименьшій атомный вѣсъ“.

упругихъ жидкостей. По современнымъ воззрѣніямъ, газы состоятъ изъ огромнаго, почти безконечнаго множества весьма малыхъ частицъ, или молекулъ, находящихся въ безпрерывномъ движеніи, совершающемся со всевозможными скоростями. Разсматривая отдѣльную молекулу, поймемъ, что, будучи окружена такимъ числомъ молекулъ, она не можетъ подвинуться впредъ по какому-нибудь направленію безъ того, чтобъ тотчасъ же не столкнуться съ какой-либо другой. Но если изъ замкнутаго сосуда вытянемъ значительную часть содержащагося въ немъ воздуха или другого какого-нибудь газа, то число молекулъ уменьшится, а вмѣстѣ съ тѣмъ увеличится и то разстояніе, какое отдѣльная молекула можетъ пройти, не наталкиваясь на другую, такъ какъ средняя длина свободнаго пути молекулы должна быть обратно пропорціональна числу оставшихся молекулъ. Чѣмъ совершеннѣе становится пустота, тѣмъ болѣе возрастаетъ среднее разстояніе, проходимое частицей до столкновенія, или, другими словами, чѣмъ болѣе увеличивается длина свободнаго пути, тѣмъ болѣе измѣняются физическія свойства газа. Такимъ образомъ, продолжая разрѣженіе газа, достигаемъ, наконецъ, значительнаго уменьшенія числа молекулъ въ данномъ пространствѣ и тѣмъ замѣтно увеличиваемъ среднюю длину ихъ свободнаго пути. Тогда является возможность къ произведенію нижеописываемыхъ опытовъ. Эти явленія настолько отличаются отъ явленій, представляемыхъ газами обыкновеннаго напряженія, что происхожденіе ихъ необходимо поставить въ связь съ существованіемъ какого-то *четвертаго состоянія матеріи, такого, которое настолько же далеко отъ газообразнаго состоянія, насколько это послѣднее далеко отъ жидкаго.*

„*Средній свободный путь.—Лучистая матерія.*—Давно уже я думаю, что извѣстное явленіе, наблюдаемое въ Гейсслеровыхъ трубкахъ, должно имѣть близкое отношеніе къ среднему свободному пути молекулъ. Разсматривая отрицательный полюсъ при прохожденіи тока отъ индукціонной катушки черезъ стеклянную трубку, содержащую разрѣженный газъ, мы замѣчаемъ вокругъ этого полюса темный слой, причемъ нетрудно убѣдиться въ томъ, что указанный темный слой увеличивается или уменьшается по мѣрѣ того, какъ пустота въ трубкѣ дѣлается болѣе или менѣе совершенною, т. е. по мѣрѣ того, какъ средній свободный путь молекулъ удлиняется или укорачивается. Подобно тому, какъ умъ нашъ видитъ возрастаніе этого пути, глаза наши видятъ увеличеніе темнаго слоя, и если пустота слишкомъ несовершенна для того, чтобы молекулы до своего столкновенія пользовались большою свободою, то прохожденіе электричества показываетъ, что темный слой имѣетъ минимальные размѣры. Мы видимъ, слѣдовательно, что темный слой является выраженіемъ средняго свободнаго пути оставшихся частицъ,— выраженіемъ, совершенно различнымъ при полной и недостаточной пустотѣ. Трубки съ наиболѣе совершенною пустотой могутъ быть проходимы оставшимися молекулами газа почти безъ столкновенія, и такъ какъ молекулы, идущія отъ отрицательнаго полюса, имѣютъ огромную скорость и обнаруживаютъ рядъ новыхъ и характерныхъ свойствъ, то по отношенію къ нимъ будетъ вполнѣ позволительно воспользоваться принадлежащимъ Фарадею терминомъ *лучистая матерія*“.

Лучистая матерія относится къ разряду индукціонной катушки не такъ, какъ Гейсслерова трубка: тутъ обнаруживается не сплошное освѣщеніе всего пространства трубки, а освѣщеніе лишь *поверхности, прямо противолежащей отрицательному полюсу.* Круксъ выражаетъ это явленіе, говоря, что *лучистая матерія движется по прямой линіи.*

Опытъ производится при помощи стекляннаго сосуда (*фиг.* 262, *7*), въ который пропускаютъ два кусочка проволоки, соединенные съ полюсами индукціонной катушки *(10)*. Проволока *a*, идущая отъ отрицательнаго полюса, оканчивается металлическимъ зеркальцемъ *a'*. *Въ какой бы точкѣ этотъ сосудъ ни соединялся съ положительнымъ полюсомъ, освѣщается всегда только та часть стѣнки сосуда, которая лежитъ прямо противъ a'.* А между тѣмъ въ сосудѣ такой же формы, но съ менѣе совершенной пустотой, соотвѣтствующей разрѣженію въ Гейсслеровыхъ

трубкахъ, мы видимъ, что линія фіолетоваго свѣта, выходящая изъ *a'*, всегда направляется къ той точки стѣнки сосуда, въ которой находится соединеніе съ положительнымъ полюсомъ.

Вильямъ Круксъ предполагаетъ, что частицы *лучистой матеріи* съ весьма большою скоростью отлетаютъ отъ поверхности металлическаго зеркальца *a'* (служащаго отрицательнымъ полюсомъ) по прямымъ направленіямъ, перпендикулярнымъ къ этой поверхности, — *прямымъ* вслѣдствіе того, что частицы, благодаря чрезвычайной разрѣженности воздуха, на пути не сталкиваются между собою; если, слѣдовательно, эти частицы перемѣщаются внутри стекляннаго сосуда безъ преодолѣнія сопротивленія и безъ взаимныхъ ударовъ, то не можетъ образоваться ни теплоты, ни свѣта; но при ударѣ о стѣнку частицы должны терять значительную часть своей кинетической энергіи, отъ чего поверхность, подвергающаяся удару, должна нагрѣваться и освѣщаться.

Помѣщая въ центрѣ стекляннаго шара (*фиг.* 262, *4*) кусочекъ иридистой платины, на которомъ сходятся лучи, идущіе отъ прикрѣпленнаго къ отрицательному полюсу металическаго зеркальца, заставимъ платину сначала накалиться, а затѣмъ и расплавиться.

Какую ни имѣло бы форму зеркало, прикрѣпленное къ отрицательному полюсу, лучистая матерія всегда уносится по направленію, перпендикулярному къ поверхности зеркала. Эту особенность легко обнаружить при помощи трубокъ *2* и *3* (*фиг.* 262).

При преграждении хода лучистой матеріи получается тѣнь.—Лучистая матерія распространяется по одному только прямому направленію отъ отрицательнаго полюса индуктивнаго тока, не расходясь во всѣ стороны внутри трубки и не освѣщая всего внутренняго пространства этой послѣдней, какъ это имѣетъ мѣсто въ случаѣ менѣе совершенной пустоты. Не встрѣчая на своемъ пути никакой преграды, лучи достигаютъ экрана, на поверхности котораго производятъ фосфорическій свѣтъ; если же на пути этихъ лучей помѣстить какое-нибудь твердое тѣло, отъ этого тѣла на экранъ отбрасывается тѣнь. На фигурѣ 262, въ *1* представлена грушевидная трубка съ отрицательнымъ полюсомъ въ узкомъ концѣ. По серединѣ находится вырѣзанный изъ алюминіева листа крестъ, преграждающій путь части лучей, выходящихъ изъ отрицательнаго полюса. При пропусканіи тока видимъ черную тѣнь отъ креста на вогнутой поверхности сосуда, которая вокругъ креста всюду представляется фосфоресцирующей; для появленія такой тѣни лучистая матерія, очевидно, должна проходить *мимо* алюминіева креста. Падая на стекло въ окружности упомянутой тѣни, молекулы, силою удара о него, значительно его нагрѣваютъ, но вмѣстѣ съ тѣмъ производятъ и другое дѣйствіе—притупляютъ его чувствительность.

„Сообщаемая стеклу фосфоричность,—говоритъ Круксъ,—утомила его; ударъ молекулъ произвелъ въ немъ то измѣненіе, что оно потеряло способность легко отвѣчать на новое возбужденіе. Но часть поверхности, занятая тѣнью, естественно не утомляется, сохраняетъ сполна свою чувствительность; поэтому, при паденіи креста,—что легко достигается легкимъ встряхиваніемъ сосуда,—когда лучи, выходящіе изъ отрицательнаго полюса, направляются къ противолежащей поверхности безпрепятственно, черный крестъ мгновенно превращается въ очень свѣтлый, вслѣдствіе того, что окружающая часть поверхности въ состояніи издавать теперь лишь слабый фосфорическій свѣтъ, между тѣмъ какъ часть, соотвѣтствующая черной тѣни, нисколько не утратила своей чувствительности. Но, къ сожалѣнію, яркость изображенія креста скоро ослабѣваетъ и, наконецъ, совершенно исчезаетъ. Послѣ нѣкотораго времени покоя, къ стеклу отчасти возвращается его способность фосфоресценціи, но оно никогда не пріобрѣтаетъ своей первоначальной чувствительности.

„Въ этомъ видимъ еще одно важное свойство лучистой матеріи. Она уносится отъ отрицательнаго полюса съ весьма большою скоростью и, сталкиваясь со стекломъ, не только приводитъ его въ колебаніе и заставляетъ его освѣтиться

на мгновеніе, пока продолжается токъ, но въ ударѣ своихъ частицъ обнаруживаетъ энергію, достаточную для произведенія на стекло прочнаго впечатлѣнія".

Въ своихъ первыхъ опытахъ Круксъ пользовался только фосфоресценціей, пріобрѣтаемой подъ вліяніемъ „тока лучистой матеріи" стекломъ, но затѣмъ онъ нашелъ, что нѣкоторыя другія тѣла обладаютъ способностью фосфоресцировать еще въ большей степени, чѣмъ стекло; наприм., фосфоресцирующій при выставленіи на свѣтъ сѣрнистый кальцій начинаетъ фосфоресцировать гораздо замѣтнѣе подъ вліяніемъ *лучистой матеріи*, въ чемъ легко убѣдиться, пропуская электрическій токъ чрезъ трубку, содержащую сѣрнистый кальцій (*фиг.* 262, *9*). Небольшіе рубины, помѣщенные въ трубкѣ съ весьма разрѣженнымъ воздухомъ (*фиг.* 262, *6*), какъ бы раскаляются отъ ударовъ *лучистой матеріи*.

Энергіей *лучистой матеріи* можетъ быть приведена въ движеніе миніатюрная мельница, ось которой утверждена на двухъ стеклянныхъ палочкахъ. Для доказательства этого пользуются аппаратомъ, представленнымъ на той же фигурѣ 262 (*5*). Впаянные въ трубку два кусочка проволоки соединяютъ съ концами спирали. Какъ только начинаетъ проходить токъ, крылья мельницы тотчасъ же приходятъ въ движеніе, начинаютъ вертѣться по направленію *отъ* отрицательнаго полюса, какъ и должно быть, если частицы воздуха дѣйствительно совершаютъ свое быстрое движеніе отъ названнаго полюса.

Вотъ еще одно весьма любопытное свойство *лучистой матеріи*. Если въ трубкѣ на значительной части ея протяженія расположенъ экранъ, обладающій свойствомъ фосфоресцировать, то при прохожденіи индуктивнаго тока, по трубкѣ отъ одного конца до другаго тянется линія фосфорическаго свѣта. Если же теперь подъ трубкой помѣстить сильный подковообразный магнитъ, то свѣтовой лучъ тотчасъ же наклонится внизъ къ магниту. Въ этомъ случаѣ, молекулы лучистой матеріи, отлетающія отъ отрицательнаго полюса, можно сравнить съ выброшеннымъ изъ орудія метательнымъ снарядомъ, траекторія (путь) котораго искривляется подъ вліяніемъ земнаго притяженія, и вмѣстѣ съ тѣмъ необходимо, слѣдовательно, констатировать, что движеніе *лучистой матеріи отклоняется дѣйствіемъ магнита.*

Выше было сказано, что стеклянный баллонъ діаметромъ въ 13,5 сантим., въ которомъ разрѣженіе воздуха доведено до возможно высшей степени, содержитъ еще трилліонъ частицъ,—число, достаточное для оправданія даннаго остающемуся газу названія *матеріи*.

„Чтобы дать представленіе о громадности указаннаго числа, — говоритъ Круксъ,—допустимъ, что мы пробили стѣнку баллона искрою отъ индукціонной катушки. Пусть это отверстіе будетъ микроскопическое, но величины достаточной для того, чтобы, въ баллонъ могли проникать воздушныя частицы и, такимъ образомъ, уничтожать пустоту. Положимъ, что такихъ частицъ входитъ сто милліоновъ въ секунду. Сколько-бы вы думали потребовалось времени для того, чтобы при такой быстротѣ прониканія частицъ нашъ небольшой резервуаръ совершенно наполнился воздухомъ,—часъ, день, годъ, столѣтіе, наконецъ?...—Для этого потребовалась бы почти цѣлая вѣчность,—срокъ, недоступный даже нашему воображенію. Если мы предположимъ, что изъ такого баллона,—который какимънибудь чудомъ пріобрѣлъ свойство неразрушаемости,—воздухъ былъ вытянутъ въ моментъ созданія солнечной системы; если допустить далѣе, что этотъ баллонъ существовалъ уже въ то время, когда наша земля была еще безобразной глыбой, лишенной обитателей,—если мы представимъ себѣ его свидѣтелемъ удивительныхъ превращеній, относящихся ко всѣмъ геологическимъ періодамъ; допустимъ, что онъ видѣлъ появленіе перваго живаго существа, и онъ же переживетъ послѣдняго человѣка; если предположимъ, наконецъ, что ему суждено просуществовать четыреста милліоновъ лѣтъ,—время, за которое самое солнце,—этотъ источникъ всякой энергіи на землѣ,—успѣетъ, по предсказанію математиковъ, превратиться въ холодную и мертвую массу,—если мы предположимъ все это, то при указанной (сто милліоновъ частицъ въ секунду) скорости проникнія частицъ въ стеклянный баллонъ, этотъ послѣдній получитъ едва одинъ квадрилліонъ молекулъ. Въ самомъ дѣ-

лѣ, по Джонстону Стонею, одинъ кубическій сантиметръ воздуха содержитъ, при обыкновенномъ давленіи, 1,000,000,000,000,000,000,000 (тысячу трилліоновъ) частицъ; слѣдовательно, баллонъ діаметромъ въ 13,5 сантим. долженъ содержать $13,5^3 \times 0,5236 \times 1,000,000,000,000,000,000,000$, т.-е. 1,288,252,350,000,000,000,000,000 молекулъ. Отсюда, если давленіе воздуха въ баллонѣ доведено до одной милліонной части атмосферы, то частицъ въ баллонѣ будетъ еще 1,288,252,350,000,000,000. Такъ какъ, по сдѣланному нами предположенію, черезъ пробитое искрою отверстіе въ стѣнкѣ баллона проникаетъ 100 милліоновъ частицъ въ секунду, то для проникновенія всѣхъ молекулъ потребуется

	12,882,510,617,476,500	секундъ,
или	214,708,510,291,275	минутъ,
или	3,578,475,171,521	часовъ,
или	149,103,132,147	дней,
или	408,501,731	годъ.

„Что же вы подумаете послѣ этого, если я скажу вамъ, что квадрилліонъ молекулъ успѣютъ войти въ нашъ баллонъ черезъ микроскопическое отверстіе, еще до того, какъ мы окончимъ настоящую нашу бесѣду?—При неизмѣнной величинѣ отверстія и неизмѣнномъ числѣ молекулъ, этотъ кажущійся парадоксъ можно объяснить лишь въ томъ случаѣ, если предположить, что величина отдѣльныхъ молекулъ при прохожденіи ихъ въ баллонъ столь ничтожна, что въ теченіе одной секунды проникаетъ уже не 100 милліоновъ, а 300 трилліоновъ частицъ.

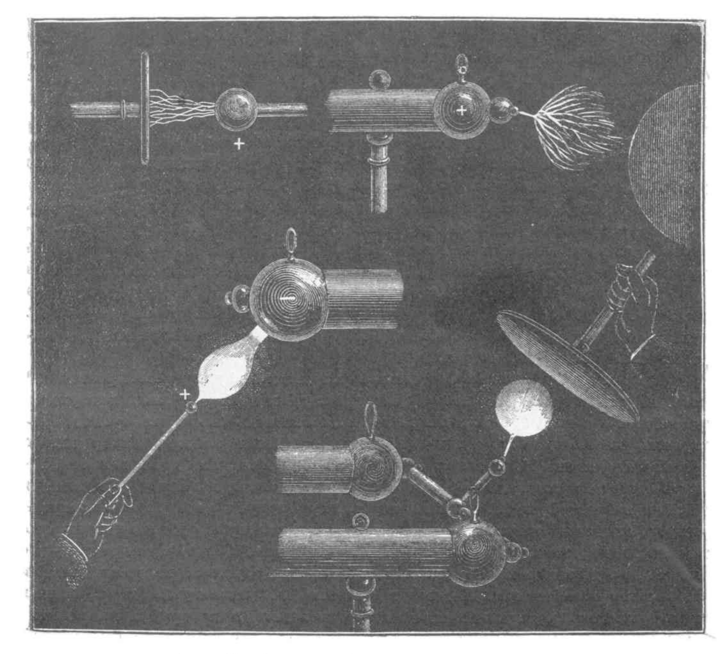
„Вотъ сдѣланный мною разсчетъ. Но при такой громадности чиселъ эти послѣднія утрачиваютъ для насъ всякій смыслъ, и производство подобныхъ вычисленій, въ сущности, не полезнѣе сосчитыванія капель въ морѣ.

„Въ этомъ четвертомъ состояніи матеріи мы какъ бы овладѣваемъ, получаемъ возможность распоряжаться мельчайшими невидимыми атомами, на которые есть достаточно вѣскія основанія смотрѣть какъ на физическую основу вселенной. Мы видѣли, что нѣкоторыми изъ своихъ свойствъ лучистая матерія въ самомъ дѣлѣ обнаруживаетъ такую же *матеріальность*, какъ этомъ столъ, стоящій предо мною, между тѣмъ какъ другія ея свойства сообщаютъ ей характеръ почти *силы* лучистости. Такимъ образомъ мы дѣйствительно достигли того предѣла, у котораго *матерія* и *сила* повидимому сливаются,— дошли до той таинственной области, которая лежитъ на рубежѣ между *извѣстнымъ* и *неизвѣстнымъ*. Смѣю думать, что величайшія научныя проблемы будущаго найдутъ свое рѣшеніе именно въ этой неизслѣдованной области, безъ сомнѣнія хранящей въ себѣ чудесныя, возвышенныя и вмѣстѣ глубокія, *основныя* сущности".

Теорія Вильяма Крукса, какъ это неизбѣжно бываетъ, встрѣтила немало возраженій. Къ числу самыхъ горячихъ ея противниковъ принадлежитъ профессоръ вѣнскаго университета, докторъ Пулуй. Этотъ ученый полагаетъ, что подъ вліяніемъ электрическаго тока, отъ массы электродовъ механически (а не путемъ улетучиванія) отрываются частицы и отталкиваются по направленію, перпендикулярному къ поверхности электродовъ съ относительно весьма большой скоростью поступательнаго движенія. Эти частицы заряжены отрицательнымъ статическимъ электричествомъ, и такъ какъ онѣ движутся, то и переносятъ на себѣ это послѣднее, дѣлая такимъ образомъ возможнымъ переходъ тока отъ одного электрода къ другому. Что въ этомъ переносѣ электричества принимаютъ участіе также и газообразныя частицы,—это не можетъ подлежать сомнѣнію; однако-же, темный слой въ Гейсслеровыхъ трубкахъ занятъ не остающимся газомъ,—этой Круксовой лучистой матеріей,—а оторвавшимся отъ электрода металлическими частицами, проталкивающими впереди себя частицы воздуха, подобно тому какъ эти послѣднія проталкиваются впередъ газовымъ пламенемъ при самомъ выходѣ его изъ рожка, гдѣ, какъ извѣстно, и получается вслѣдствіе этого темное пространство. Коротко сказать, по мнѣнію вѣнскаго профессора, тончайшая *лучистая матерія* Крукса есть не что иное, какъ „лучистое вещество электродовъ".

Послѣ этого необходимаго отступленія, благодаря которому мы познакомились со столь интереснымъ открытіемъ Крукса, вернемся къ изученію электрической искры и разсмотримъ еще цѣлый рядъ условій, вліяющихъ на форму, принимаемую электрическимъ свѣтомъ вообще.

Какъ мы видѣли раньше, электрическій свѣтъ появляется въ *самыхъ разнообразныхъ формахъ*,—въ формѣ сіянія, кисти, шара, искры и т. д.,— которыя опредѣляются множествомъ обстоятельствъ, каковы: форма и разстояніе между проводниками при разрядѣ, давленіе газа, наполняющаго пространство между обоими проводниками, и пр. (*фиг.* 263). Какъ первые физики установили сходство грома и молніи со звучными искрами, которыя они получали помощью своихъ электрическихъ машинъ, такъ же точно сама собою напрашивается мысль о *шаровидной молніи*,



Фиг. 263.—Различныя формы электрической искры.

когда мы наблюдаемъ эти свѣтящіеся шары, которые появляются между кондукторомъ электрической машины и поверхностью приближеннаго къ нему *металлическаго круга*. Наблюденій, относящихся до шаровидной молніи, довольно много. Въ послѣднее время такое наблюденіе было сдѣлано Ажé во Владикавказѣ. 30-го іюля 1888 г., около шести часовъ вечера, онъ видѣлъ нѣсколько блестящихъ шаровъ, двигавшихся вдоль оврага; ясно различались три шара: одинъ большой — желтоватый съ золотистымъ блескомъ и два небольшихъ — съ пурпуровой окраской, по бокамъ большого шара. Такимъ же пурпуровымъ свѣтомъ были одѣты склоны оврага. Спустя минуты три шары уменьшились въ объемѣ и въ одно мгновеніе безшумно исчезли изъ виду *).—Не такъ давно видѣли въ Адріанополѣ

*) *Научный и промышленный годъ*, Луи Фигье.

(Европейская Турція), какъ на воздухъ взлетѣлъ какой-то свѣтящійся шаръ, овальной формы, величиною разъ въ пять больше луны, который сталъ медленно подвигаться впередъ, бросая яркій свѣтъ на адріанопольскій лагерь. Сила свѣта, какъ говорятъ, въ десять разъ превосходила силу большой электрической лампы. На слѣдующій день, на зарѣ, видѣли въ Скутари (Азіатская Турція) какой-то чрезвычайно яркій огонь, шаровидной формы, который вначалѣ имѣлъ голубоватый, а затѣмъ принялъ зеленоватый оттѣнокъ. Этотъ огонь держался въ воздухѣ на высотѣ десяти метровъ. Онъ нѣсколько разъ покружился вокругъ скутарійской пароходной пристани „Ферри", освѣщая улицы и дома. Спустя десять минутъ послѣ своего появленія метеоръ упалъ въ море. Это случилось 1-го и 2-го ноября 1885 г. По какому-то странному совпаденію, 3-го ноября того же года во всемъ департаментѣ Высокой Марны видѣли громадное сіяніе, озарившее горизонтъ почти лишь на одно мгновеніе *).

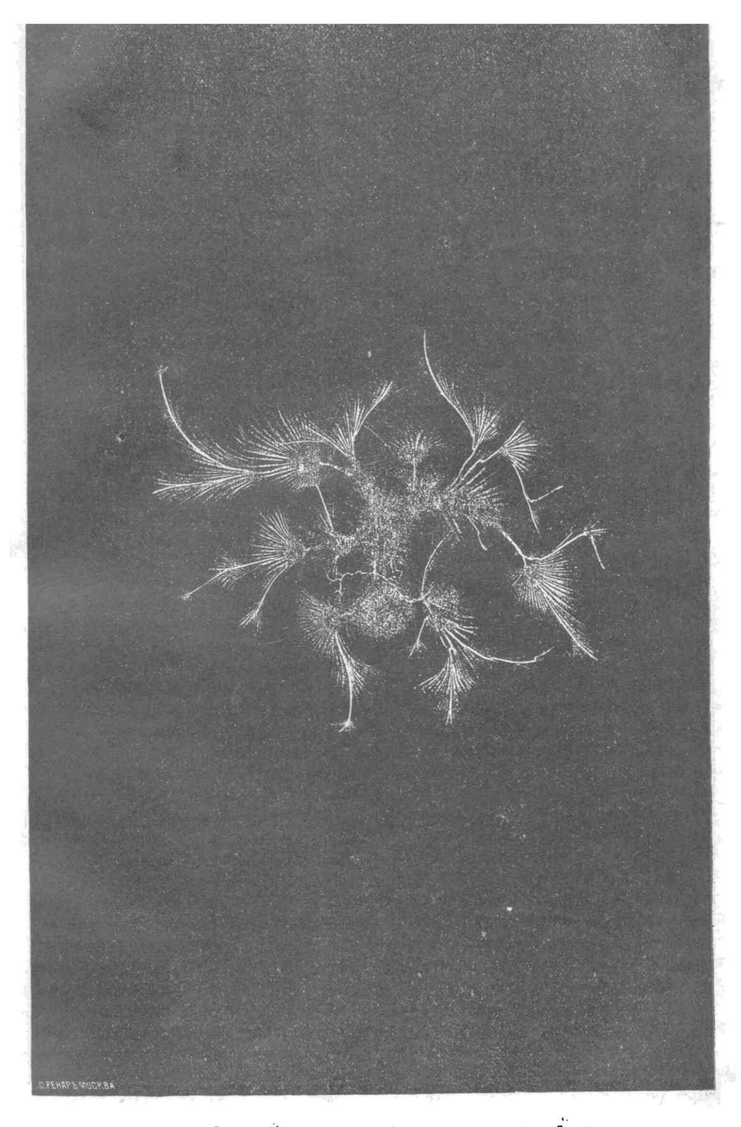
Въ возможности подобныхъ явленій, впервые указанныхъ Араго, долгое время сомнѣвались. Но въ настоящее время, благодаря болѣе тщательнымъ наблюденіямъ, существованіе ихъ слѣдуетъ считать безспорнымъ. Вотъ одно наблюденіе, заслуживающее полнаго довѣрія **).

„Проходя мимо моего окна, расположеннаго очень низко,—говоритъ парижская жительница г-жа Эсперъ,—я съ изумленіемъ увидала какъ бы большой красный шаръ, похожій на румяную луну, который медленно спускался съ вышины на дерево. Не успѣла я приступить къ разгадкѣ этого страннаго явленія, какъ шаръ началъ горѣть внизу, причемъ изъ пламени вылетали небольшія искры, точно изъ пламени спокойно горящей бумаги. Но вдругъ при страшномъ ударѣ прорвалась вся оболочка шара, и извнутри вылетѣло около десятка зигзагообразныхъ молній, изъ которыхъ одна прожгла въ стѣнѣ дыру такой формы, какой была бы дыра, сдѣланная пушечнымъ ядромъ, остальная же часть электрическаго вещества загорѣлась бѣлымъ пламенемъ и начала кружиться, какъ искусственное огненное солнце".

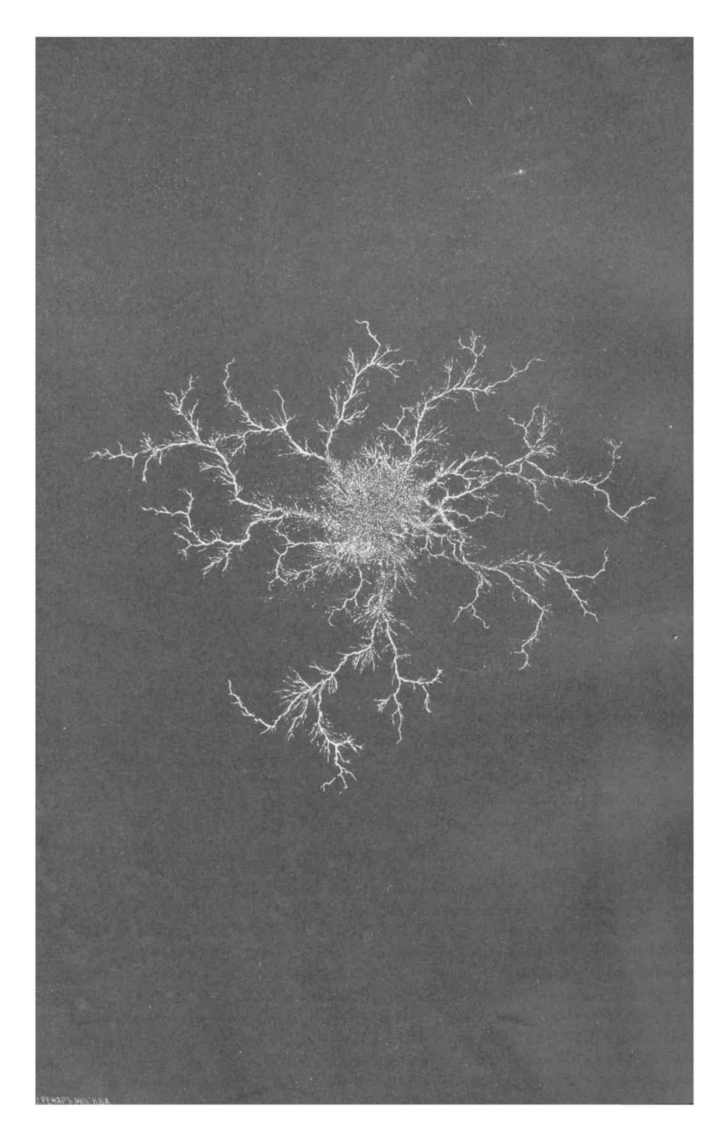
Въ августѣ 1885 г. въ Соттевиллѣ (Нижняя Сена) во время грозы, видѣли, какъ на улицѣ упало довольно много небольшихъ шаровъ, изъ которыхъ при ударѣ ихъ о землю вырвалось красное пламя. Когда кто-то изъ очевидцевъ наступилъ ногою на одинъ изъ этихъ шаровъ, изъ послѣдняго снова вылетѣло красное пламя съ фіолетовымъ оттѣнкомъ.—У Бабинѐ находимъ извѣстный разсказъ одного парижскаго портного, который однажды, въ грозу, увидѣлъ, какъ обклеенная бумагой рамка, закрывавшая каминъ, вдругъ упала, и изъ камина тихо вышелъ огненный шаръ, величиной съ дѣтскую голову, который, медленно обойдя комнату, направился къ дырѣ, сквозь которую проходила труба отъ печки,—дырѣ, которая, по выраженію портного, „не могла быть замѣчена молніей", такъ какъ была заклеена бумагой. Подошедши прямо къ упомянутой дырѣ, огненный шаръ отклеилъ бумагу, не повредивъ её, и поднялся въ трубу, въ концѣ которой лопнулъ съ ужаснѣйшимъ трескомъ. — Подобный же фактъ случилось видѣть Маврокордато въ Перѣ, въ 1885 г., въ то время когда названный наблюдатель находился въ чужомъ домѣ, гдѣ онъ укрывался по случаю сильной грозы. Именно, въ комнату быстро влетѣлъ чрезъ открытое окно огненный шаръ величиною съ апельсинъ. Задѣвши по пути газовый рожокъ, шаръ направился къ столу, за которымъ семья обѣдала, прошелъ между двумя изъ обѣдавшихъ, покружился вокругъ висячей лампы, затѣмъ, издавъ шумъ, подобный пистолетному выстрѣлу, вылетѣлъ обратно на улицу и тамъ разорвался съ ужаснымъ громомъ.

„Эти случаи шаровидной молніи",—говоритъ въ своей *Атмосферѣ* Камиллъ Фламмаріонъ,—весьма достовѣрны. Однако-же, очень вѣроятно, что и простая молнія, видимая вдали, зачастую кажется шаровидною. Такъ 2-го іюля 1871 г.

*) А. де-Парвилль. *Научныя бесѣды.*
**) Жаменъ и Бути. *Курсъ физики.*



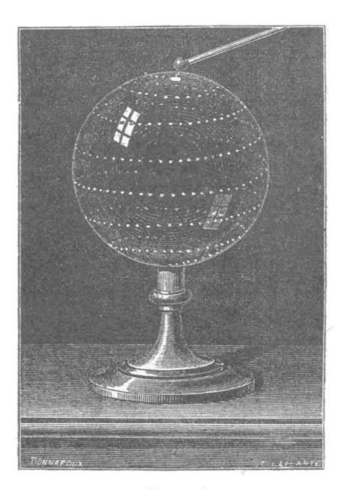
Фиг. 264.—Фотографія электрической искры: отрицательный полюсъ.



Фиг. 265.—Фотографія электрической искры: положительный полюсъ.

моего брата, Эрнеста Фламмаріона, находившагося въ то время въ Руанѣ, въ колонной галлереѣ зданія суда, окружила огромная *круговая* молнія, которая точно изъ земли поднималась вверхъ въ тотъ моментъ, когда вслѣдъ за прогремѣвшимъ громомъ молнія ударила въ одинъ изъ громоотводовъ упомянутаго зданія. Лицамъ, наблюдавшимъ издали, казалось, будто изъ земли къ облаку устремляется громадный огненный шаръ".

Что касается *окраски электрической искры*, то она зависитъ не только отъ проходимаго искрою газа, но также и отъ проводниковъ, между которыми пробѣгаетъ эта послѣдняя; такъ въ случаѣ двухъ желѣзныхъ шаровъ искра представляется бѣлою, мѣдныхъ—зеленою, цинковыхъ—голубоватою, оловянныхъ—красною. Для удобства наблюденія сказаннаго различія въ окраскѣ искры при различныхъ условіяхъ слѣдуетъ пользоваться искрами незначительной яркости, какія получаются, напр., при помощи небольшой Румкорфововой катушки. Вліяніе металла на окраску искры прекрасно демонстрируется посредствомъ такъ-называемой волшебной пластинки, представленной вверху на кондукторахъ машины Уимсгорста (*фиг.* 229). Она представляетъ собою эбонитовую пластинку, на которой наклеены лакомъ опилки различныхъ металловъ—цинковые, мѣдные, оловянные и пр. Проходя отъ одного полюса машины къ другому, искра пробѣгаетъ змѣйкою послѣдовательные перерывы между опилками, принимая въ каждой точкѣ окраску, соотвѣтствующую даннымъ металлическимъ крупинкамъ,—являясь такимъ образомъ, зеленою, красною или голубою, смотря по тому, проскакиваетъ-ли она между мѣдными, оловянными, или же цинковыми опилками.


Фиг. 266.—Искрящійся шаръ.

Образованіе только-что описанной искры то же, что и на *искрящихся* пластинкахъ, трубкахъ и шарахъ. Такой шаръ представленъ на фигурѣ 266. Это стеклянный шаръ, на поверхности котораго наклеенъ спиральный рядъ маленькихъ оловянныхъ ромбовъ, въ близкихъ разстояніяхъ одни отъ другихъ. По соединеніи обоихъ концовъ съ полюсами электрической машины, искра появляется разомъ во всѣхъ промежуткахъ между ромбами, обрисовывая такимъ образомъ свѣтлую спиральную линію.

Оловянные ромбы въ описанныхъ опытахъ представляютъ собою рядъ изолированныхъ проводниковъ, электризующихъ другъ друга чрезъ вліяніе, вслѣдствіе чего между ними, какъ сказано, появляются искры.

Для подробнаго изученія характера электрическихъ искръ пользуются фотографіей. Несмотря на чрезвычайно малую продолжительность искръ, совершенно не трудно фотографировать какъ искры, выходящія изъ положительнаго, такъ и искры, выходящія изъ отрицательнаго полюса. А. Руллье поступаетъ при этомъ слѣдующимъ образомъ. На металлическій кружокъ *n* (*фиг.* 267), утвержденный на изолирующей ножкѣ *v*, кладутъ тонкую эбонитовую пластинку *e*, а на эту послѣднюю—пластинку броможелатиновую со свѣточуствительнымъ слоемъ въ *ss*. Одинъ полюсъ катушки B соединяется съ кружкомъ *n*, а другой—съ чуствительнымъ слоемъ *ss* посредствомъ вертикальной проволоки, непосредственно прилегающей къ названному слою. Не устанавливая автоматическаго дѣйствія прерывателя у катушки, производятъ одиночное прерываніе отъ руки. помощью

коммутатора. Тогда искра пробѣгаетъ по направленію къ проволокѣ *f*, конецъ которой, смотря по положенію коммутатора, оказывается положительнымъ или отрицательнымъ полюсомъ; эта искра оставляетъ свой слѣдъ на броможелатинѣ и такимъ образомъ является сфотографированной. Получаемыя указаннымъ путемъ изображенія представляютъ большое разнообразіе и весьма значительный интересъ какъ средство для сравнительнаго изученія формъ элекрическихъ искръ.

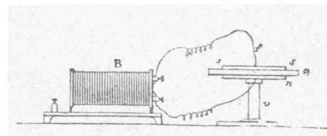
Трувело́ получилъ фотографическіе снимки съ искръ, появляющихся у полюсовъ, по тому же самому способу, но съ замѣною эбонитовой пластинки тщательно лакированною стеклянною пластинкою, для того, чтобъ искра не могла перейти отъ одного полюса къ другому, обойдя край пластинки. Способъ Трувело напечатанъ въ академическомъ отчетѣ за 29-е октября 1888 г.

Уже Бертэнъ получалъ изображеніе искръ, поступая почти такъ, какъ былъ объяснено выше, употребляя твердыя перепонки коллодіума, сдѣланныя свѣточувствительными путемъ соотвѣтствующей обработки.

Совершенно очевидно, что въ подобныхъ опытахъ вмѣсто индукціонной катушки можно пользоваться электрическими машинами Гольтца, Уимсгорста и другихъ.

Вотъ нѣсколько замѣчаній Трувело́ о наблюденныхъ имъ многочисленныхъ изображеніяхъ искръ.

„Положительный полюсъ (*фиг.* 265) даетъ изображеніе, состоящее изъ нѣсколькихъ наиболѣе яркихъ, лучеобразно расходящихся изъ одного общаго пункта, длинныхъ извилистыхъ линій, отъ которыхъ отходятъ многочисленныя вѣтви, что напоминаетъ видъ изображаемыхъ на географическихъ картахъ большихъ рѣкъ со впадающими въ нихъ многочисленными притоками. Далѣе этого указанное сходство, однако-же, не распространяется. Какъ изъ главныхъ линій, такъ и изъ ихъ первичныхъ развѣтвленій берутъ начало многія тысячи тончайшихъ зазубренныхъ вторичныхъ вѣточекъ, переплетающихся между собою тѣснѣйшимъ образомъ. У самаго конца длинныхъ линій нерѣдко встрѣчаются самостоятельныя свѣтлыя черточки, совершенно отдѣленныя отъ первыхъ. Исходя изъ бѣловатой точки въ видѣ одной или многихъ ниточекъ, то простыхъ, то развѣтвленныхъ, эти придаточныя фигуры напоминаютъ собою крошечные метеоры или фейерверочные букетики.

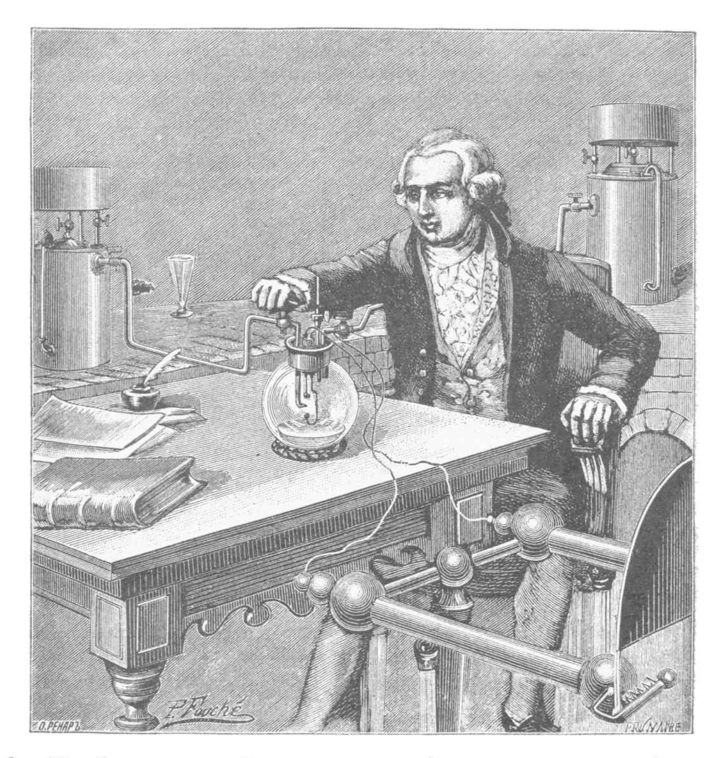


Фиг. 267.—Фотографированіе положительной или отрицательной искры.

„Необыкновенно изящное изображеніе, получающееся у отрицательнаго полюса (*фиг.* 264) представляетъ совершенно иной характеръ. Оно до такой степени напоминаетъ видъ извѣстнаго растенія изъ семейства пальмъ, что наблюдатель останавливается въ полнѣйшемъ недоумѣніи. Въ самомъ дѣлѣ, какъ объяснить себѣ это поразительное сходство между свѣтовымъ явленіемъ и организованнымъ тѣломъ?... Указанное сходство доходитъ до того, что ботаникъ могъ бы принять фотографію одной изъ вѣтвей изображенія за фотографію какой-нибудь вѣтви упомянутаго растенія, нисколько не подозрѣвая, что онъ имѣетъ предъ собою электрическое явленіе; вспомнимъ, что фотографія электрическаго разряда есть проложеніе изображенія послѣдняго на поверхность чувствительнаго слоя и потому еще болѣе должна походить на сохраненное въ гербаріи растеніе. Можно думать, что электрическій разрядъ въ воздухѣ имѣетъ иную форму. Тотъ же видъ вѣерообразнаго цвѣтка, какой мы наблюдаемъ на фотографіи искры у отрицательнаго полюса, имѣетъ и то сіяніе, которое въ темнотѣ выходитъ изъ остроконечнаго отрицательнаго полюса индукціонной катушки, — въ полнѣйшемъ сходствѣ этихъ явленій можно убѣдиться помощью увеличительнаго стекла, — но указанное сіяніе, конечно, представляется не лежащимъ по ровной плоскости, а расположеннымъ въ видѣ чашечки у цвѣтка".

Изъ предъидущаго ясно, что нѣтъ ничего легче, какъ по фотографическому снимку опредѣлить, которому изъ двухъ полюсовъ принадлежитъ данная искра. Но замѣтимъ, кромѣ того, что даже, разсматривая двѣ искры одного и того же знака, опытный глазъ не затруднится тотчасъ же сказать, отъ какого снаряда получена каждая изъ нихъ.

Эту разность въ строеніи положительныхъ и отрицательныхъ искръ слѣдуетъ разсматривать какъ аналогичную уже ранѣе указаннымъ разностямъ, о



Фиг. 268.—Лавуазье, получающій воду путемъ пропусканія электрическихъ искръ въ смѣсь водорода и кислорода. Названные газы проводятся изъ особыхъ приборовъ, называемыхъ газометрами. Сосуды эти помѣщены справа и слѣва отъ наблюдателя.

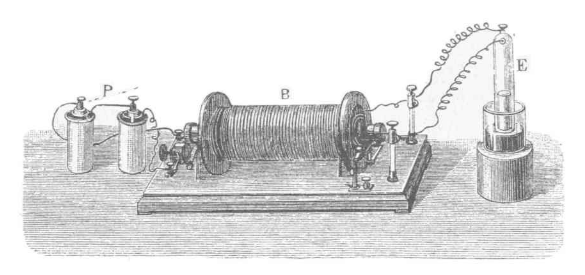
которыхъ мы говорили при описаніи Лихтенберговыхъ фигуръ, и тѣхъ сіяній, которыя исходятъ изъ остріевъ положительной и отрицательной гребенокъ у электрической машины, напр., у машины Гольтца. Прибавимъ здѣсь, что проводникъ, заряженный отрицательнымъ электричествомъ, испускаетъ свѣтъ въ темнотѣ при такихъ условіяхъ, когда это невозможно для проводника, имѣющаго хотя и большой, но положительный зарядъ. Многочисленныя различія, представляемыя обоими родами электричества, съ одной стороны, и разрядами— съ другой, имѣютъ немаловажное значеніе; детальное изученіе этихъ различій поведетъ, быть можетъ, къ проложенію новыхъ путей въ наукѣ.

Собственно искры индукціонныхъ катушекъ получили многочисленныя примѣненія, съ которыми сейчасъ познакомимся на нѣсколькихъ примѣрахъ.

Прежде всего, укажемъ на то, что, проведя концы вторичной спирали въ тотъ пунктъ, съ которымъ желательно корреспондировать, мы получаемъ возможность сообщаться помощью особаго телеграфическаго способа, основаннаго на частотѣ искръ, которую можно выбирать произвольно, производя рукою прерываніе тока, проходящаго въ катушкѣ передаточнаго аппарата.

Если устроить такъ, чтобы брошенное тѣло, лошадь въ движеніи, вообще то или иное движущееся тѣло производило прерываніе наводящаго тока лишь въ тѣ моменты, когда оно проходитъ чрезъ опредѣленныя мѣста, то, замѣтивъ моменты цѣлаго ряда послѣдовательныхъ прохожденій, — по отверстіямъ, пробитымъ искрою въ бумажномъ кружкѣ, равномѣрно вращающемся между обоими полюсами,—сможемъ легко вычислить среднюю скорость движенія тѣла между данными станціями.

Производя искру въ тотъ моментъ, когда какое-либо движущееся тѣло проходитъ мимо катушки, это тѣло момно освѣтить на чрезвычайно малый промежутокъ времени и тогда снять съ него фотографію, такъ какъ вслѣдствіе мгно-



Фиг. 269.—Разложеніе аммiака рядомъ электрическихъ искръ отъ индукціонной катушки B.

венности освѣщенія скорость, съ которою движется тѣло, не играетъ никакой роли при фотографированіи: дѣло происходитъ совершенно такъ, какъ еслибы тѣло въ моментъ съемки было неподвижно.

При помощи электрической искры мины взрываются въ настоящее время гораздо вѣрнѣе и удобнѣе, нежели употреблявшимся ранѣе фитилемъ, который зажигался рабочимъ и, постепенно сгорая, доходилъ, наконецъ, до мины, которую тогда и взрывалъ.—Проходя чрезъ свѣтильный газъ, выходящій изъ рожка, искра зажигаетъ этотъ газъ, чѣмъ иногда пользуются для того, чтобы разомъ и безъ всякаго труда зажечь цѣлый рядъ газовыхъ рожковъ, освѣщающихъ какое-нибудь помѣщеніе. Этотъ способъ съ большою пользою могъ бы быть примѣняемъ въ общественномъ газовомъ освѣщеніи.

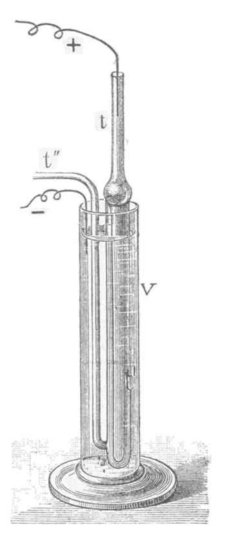
Когда искра въ теченіе нѣкотораго промежутка времени,—различнаго въ различныхъ случаяхъ,—проходитъ чрезъ какой-либо сложный газъ, она часто разлагаетъ этотъ послѣдній; такъ, наприм., аммiакъ почти сполна разлагается ею на образующіе его два элемента—азотъ и водородъ. Подъ вліяніемъ искры происходитъ и обратное, именно образованіе одного настоящаго химическаго соединенія изъ смѣси газовъ; такъ, при пропусканіи искры въ атмосферѣ смѣси водорода съ кислородомъ образуется вода, какъ показалъ въ своемъ знаменитомъ опытѣ Лавуазье *) (*фиг.* 268).

*) Антуанъ-Лоранъ Лавуазье, род. въ Парижѣ 13-го августа 1743 г. Послѣ цѣлаго ряда блестящихъ химическихъ и астрономическихъ изслѣдованій онъ 23-хъ лѣтъ отъ роду получилъ премію академіи наукъ за свою *Записку о наилучшей системѣ освѣщенія города Парижа.* Въ теченіе

Во всѣхъ этихъ случаяхъ искра дѣйствуетъ *теплотой*, развиваемой ею при прохожденіи чрезъ ту или другую среду. Поэтому для тѣхъ же цѣлей можно пользоваться и разрядомъ въ формѣ *неблестящихъ* и *безшумныхъ* искръ, или *истеченій* (*фиг.* 270).

Мы перечислили дѣйствія различныхъ электрическихъ *разрядовъ*, но ничего еще не говорили о дѣйствіяхъ *постояннаго тока*, поддерживаемаго тѣмъ или инымъ *электровозбудителемъ* въ проволокѣ, соединяющей полюсы послѣдняго. Для простоты, возьмемъ въ качествѣ *электровозбудителей* гальваническіе элементы.

Мы уже знаемъ, что электрическій токъ производитъ вокругъ себя *магнитное поле* (стр. 77), что магнитная стрѣлка, будучи помѣщена въ такомъ полѣ, отклоняется и что съ направленіемъ этого отклоненія Амперъ связалъ направленіе самаго тока (стр. 77, примѣч.). Взявъ рамку, внутри которой помѣщена магнитная стрѣлка, или такъ называемый *гальванометръ* (такія рамки представлены на фигурѣ 68), увидимъ, что отклоненіе остается однимъ и тѣмъ же, *въ какомъ бы пунктѣ гальванометръ ни былъ введенъ въ цѣпь*—близъ элементовъ, между ними или вдали отъ нихъ, — т. е. что дѣйствіе тока на стрѣлку, при данныхъ условіяхъ, является однимъ и тѣмъ же, постояннымъ *для всѣхъ точекъ на протяженіи цѣпи*. Благодаря этому, отклоненіемъ магнитной стрѣлки можетъ быть опредѣляема величина, *сила* электрическаго тока: чѣмъ больше отклоненіе одного и того же гальванометра, введеннаго въ различныя цѣпи, тѣмъ больше напряженіе тока въ соотвѣтствующей цѣпи.



Фиг. 270.—Аппаратъ Бертело для полученія электрическихъ истеченій.

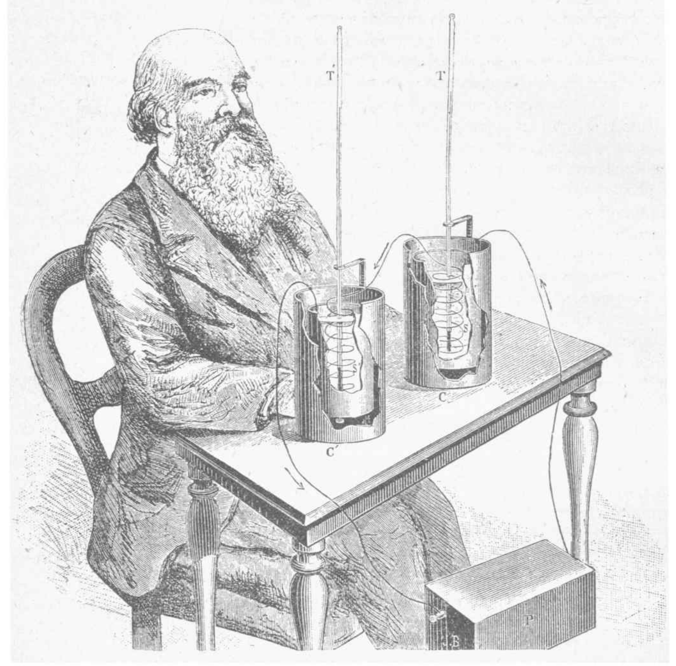
V — стеклянный цилиндръ съ подкисленной (сѣрной кислотой) водою, въ который погружена проволока, идущая къ отрицательному полюсу катушки. t'— трубка, содержащая газъ, который желаютъ подвергнуть дѣйствію электрическаго истеченія; газъ этотъ приводится трубкою t''.—Въ трубку t, помѣщенную на оси трубки t' и содержащую подкисленную воду, опущена проволока, идущая къ положительному полюсу катушки. Разрядъ или *истеченіе* проходитъ въ кольцевидномъ пространствѣ между трубками t и t'.

Если, *оставляя самый элементъ неизмѣннымъ*, измѣнимъ соединительную проволоку, то сила тока окажется измѣнившеюся, отклоненіе гальванометра будетъ уже иное, причемъ, чѣмъ длиннѣе и тоньше проволока, тѣмъ незначительнѣе будетъ отклоненіе стрѣлки. Это выражаютъ, говоря, что различные виды проволоки представляютъ прохожденію электрическаго тока различное *сопротивленіе*. Но, проходя въ самомъ элементѣ, токъ и здѣсь встрѣчаетъ извѣстное сопротивленіе; поэтому, при опредѣленіи сопротивленія во всей цѣпи, слѣдуетъ имѣть въ виду какъ сопротивленіе соединяющей проволоки, иначе *внѣшнее*, такъ и сопротивленіе, представляемое всѣми частями элемента вмѣстѣ, т. е. *внутреннее*. Сопротивленіе проволоки тѣмъ меньше, чѣмъ проволока короче и толще; кромѣ того, оно зависитъ и отъ вещества, изъ котораго сдѣлана проволока; такъ, мѣдь, наприм., представляетъ меньшее сопротивленіе току, нежели желѣзо.

шести недѣль онъ не выходилъ изъ своего завѣшаннаго черною матеріею рабочаго кабинета, не видѣлъ иного свѣта, кромѣ свѣта испытывавшихся имъ лампъ. 25-ти лѣтъ онъ былъ уже членомъ академіи наукъ. Лавуазье получилъ *кислородъ* и *азотъ*; онъ первый послѣ англійскаго физика Кэвендиша изучилъ газъ, названный имъ *водородомъ*; ему принадлежитъ созданіе *теоріи дыханія*. Въ послѣдніе годы жизни Лавуазье занимался приложеніемъ химіи къ физіологіи. — Въ 1769 г. Лавуазье занималъ должность генеральнаго фермера, получая такое содержаніе, которое вполнѣ обезпечивало ему успѣшное производство его научныхъ работъ, но вслѣдствіе обвиненія, введеннаго на всѣхъ генеральныхъ фермеровъ 2-го мая 1794 г. членомъ Конвента Дюпюи, Лавуазье былъ за-

Наконецъ, элементы съ одинаковымъ общимъ сопротивленіемъ, но различнаго типа, также даютъ неодинаковое отклоненіе магнитной стрѣлки; другими словами, различные типы элементовъ, при одномъ и томъ же сопротивленіи, оказываются не равносильными въ отношеніи производимаго ими тока; они, какъ говорятъ, имѣютъ различную электровозбудительную, или *электродвижущую силу*.

При прохожденіи тока чрезъ проволоку, эта послѣдняя *нагрѣвается* тѣмъ больше, чѣмъ больше сила тока и представляемое ему сопротивленіе. Соотношеніе это доказано англійскимъ ученымъ Джаулемъ *), который измѣрялъ ко-



Фиг. 271.—Джауль, измѣряющій нагрѣваніе проволоки электрическимъ токомъ.

личества теплоты, отдѣляющейся въ калориметрѣ при разныхъ условіяхъ, если въ послѣдній погрузить пробѣгаемую токомъ проволоку. Это освобожденіе теплоты часто называютъ *дѣйствіемъ Джауля* (*фиг.* 271).

ключенъ подъ стражу, а 6-го мая осужденъ на смертную казнь вмѣстѣ со всѣми своими товарищами. Несмотря на свое право на признательность государства, этотъ геніальный ученый умеръ на эшафотѣ: въ числѣ двадцати восьми генеральныхъ фермеровъ, казненныхъ въ этотъ день, онъ былъ гильотинированъ четвертымъ.

*) Джемсъ Прескоттъ Джауль, род. въ Сольфордѣ (въ Англіи) въ 1818 г. Изучалъ химію подъ руководствомъ Дальтона. Первыя его изслѣдованія относятся къ магнитизму: ему именно принадлежитъ открытіе явленія *магнитнаго насыщенія*. Въ 1842 г. онъ обнародовалъ получившій его имя законъ относительно количества теплоты, развивающейся въ проводникѣ при прохожденіи тока, а въ 1843 г. были опубликованы первые результаты его изслѣдованій по вопросу о *механическомъ эквивалентѣ теплоты*. Джауль умеръ 11-го октября 1889 г. въ Сэлѣ, близъ Манчестера, послѣ длиннаго ряда важныхъ трудовъ, изложеніе которыхъ обнимаетъ около ста сочиненій.

Теперь мы перейдемъ къ дѣйствію тока на проходимыя имъ жидкости, которое, въ виду его важности, мы разсмотримъ весьма обстоятельно. Тутъ энергіей тока пользуются для возбужденія *химическихъ реакцій.*

Когда электрическій токъ проходитъ чрезъ однородный металлическій проводникъ, то происходитъ только нагрѣваніе проводника. При прохожденіи тока чрезъ сложный проводникъ, образуемый твердымъ тѣломъ и жидкостью, могутъ представиться два случая: или эта жидкость есть простое вещество, какъ, наприм., ртуть, бромъ и т. п., и тогда наблюдаются тѣ же явленія, что и въ случаѣ металлическихъ проводниковъ; или же жидкость есть тѣло сложное, и тогда, кромѣ нагрѣванія этой жидкости, часто происходитъ и ея разложеніе.

Прежде чѣмъ приступить къ изученію только-что названнаго новаго дѣйствія тока, сдѣлаемъ нѣсколько необходимыхъ замѣчаній. Разложеніе сложнаго дѣла на составляющіе его элементы*) дѣйствіемъ электричества называется *электро-*

---

*) Многочисленныя вещества, приготовляемыя и изучаемыя химикомъ, большей частью представляются разложимыми на другія, болѣе простыя вещества, до такихъ тѣлъ, которыя уже никакими способами не могутъ быть болѣе расщеплены. Такія тѣла, которыя уже неспособны къ дальнѣйшему разложенію, называются *химическими элементами,* или *простыми тѣлами*. Изъ соединенія ихъ образуются *сложныя тѣла.* Въ нижеслѣдующей таблицѣ приведены названія *простыхъ тѣлъ*. Одни изъ нихъ, отличающіяся особеннымъ блескомъ, какъ серебро, золото, желѣзо и проч., называются *металлами;* другія же, не имѣющія этого характернаго блеска, каковы фосфоръ, сѣра и проч., названы *металлоидами.*

Металлоиды.

	(1)	(2)		(1)	(2)
Кислородъ	O	8	*Азотъ*	N	14
Сѣра	S	16	*Фосфоръ*	P	31
Селенъ	Se	39,75	*Мышьякъ*	As	75
Теллуръ	Te	64,5	*Углеродъ*	C	6
Фторъ	F	19	*Кремній* (силицій)	Si	14
Хлоръ	Cl	35,5	Боръ	B	11
Бромъ	Br	80	Водородъ	H	1
Іодъ	J	127			

Металлы.

	(1)	(2)		(1)	(2)
Калій	K	39	Цинкъ	Zn	33
Натрій (содій)	Na	23	Галлій	Ga	35
Литій	Li	7	Ванадій	V	51,3
Талій	Tl	204	Кадмій	Cd	56
Цезій	Cs	133	Индій	In	56,7
Рубидій	Rb	85	Уранъ	U	60
Кальцій	Ca	20	Вольфрамъ (тунгстенъ)	W	92
Стронцій	Sr	43,75	Молибденъ	Mo	48
Барій	Ba	68,5	Осмій	Os	99,5
Магній	Mg	12	Танталъ	Ta	91
Марганецъ	Mn	27,5	Титанъ	Ti	25
Алюминій (глиній)	Al	13,50	*Олово*	Sn	59
Берилій (глицій)	Be	4,55	*Сурьма*	Sb	120
Цирконій	Zr	45	Ніобій	Nb	47
Иттрій	Y	30,85	*Мѣдь*	Cu	31,5
Торій	Th	58,5	*Свинецъ*	Pb	103,5
Церій	Ce	47,25	Висмутъ	Bi	210
Лантанъ	La	46	*Ртуть*	Hg	100
Дидимъ	Di	48	Палладій	Pd	53,25
Эрбій	Er	166	Родій	Rh	52
Иттербій	Yb	173	Рутеній	Ru	52
Желѣзо	Fe	28	*Серебро*	Ag	108
Никель	Ni	29,5	*Платина*	Pt	99,5
Кобальтъ	Co	29,4	Иридій	Ir	98,5
Хромъ	Cr	26,25	*Золото*	Au	98,3

Для сокращенія письма, каждое простое тѣло обозначаютъ одною или двумя буквами его латинскаго названія; такъ, сѣра, латинское названіе которой—Sulfur (Сульфуръ), обозначается чрезъ S, желѣзо—Ferrum (Феррумъ)—Fe, серебро—Argentum (Аргентумъ)—Ag., и т. д. Эти знаки химическихъ элементовъ приведены въ столбцахъ (1). Но знакъ каждаго простого тѣла выражаетъ еще соотвѣтствующее этому тѣлу *вѣсомое количество;* такъ, выражая все въ граммахъ, подъ Ag разу-

*лизомъ**), а тѣло подвергающееся разложенію—*электромитомъ*. Концы металлическаго проводника, погруженные въ жидкость и сообщающіе ее такимъ образомъ съ электрическимъ элементомъ, — или, точнѣе, съ полюсами электровозбудителя, генератора электричества,—называются *электродами* **): тотъ изъ нихъ, который вводитъ токъ, называютъ *анодомъ* ***), а конецъ, служащій для выведенія тока,—*катодомъ* ****).

Во всякомъ опытѣ электролиза обнаруживается то особенное явленіе, что разложеніе электролита происходитъ лишь около электродовъ, а не во всей массѣ жидкости, причемъ одни изъ элементовъ, образующихъ жидкость, выдѣляются на одномъ электродѣ, а другіе — на другомъ. Эти два рода продуктовъ разложенія Фарадеемъ названы *іонами* *****), и въ частности тотъ, который выдѣляется на анодѣ—*аніономъ*, а выдѣляющійся на катодѣ—*катіономъ*.

Жидкости въ собственномъ смыслѣ, какъ вода, алкоголь, эфиръ, бензинъ и т. п., въ чистомъ состояніи не пропускаютъ сквозь себя тока, т.-е. въ сущности не замыкаютъ собою цѣпи, при отсутствіи же тока онѣ, очевидно, и не могутъ подвергаться разложенію. Происходитъ электролизъ исключительно въ соляхъ (и кислотахъ), находящихся въ расплавленномъ или растворенномъ состояніи, а также въ нѣкоторыхъ двойныхъ соединеніяхъ въ такомъ же состояніи.

Чисто опытное изученіе явленій электролиза показываетъ, что эти явленія подчиняются нѣкоторымъ законамъ. Если электролизъ той или иной расплавленной соли производить въ такомъ сосудѣ и съ такими электродами, которые не могутъ измѣняться ни солью, ни продуктами ея разложенія, то оказывается, что *при всякой соли, металлъ, входящій въ составъ ея, выдѣляется на отрицательномъ электродѣ, а неметаллическая часть—на положительномъ.*

Для опыта можно брать такой аппаратъ, въ какомъ Фарадей производитъ электролизъ хлористаго олова (*фиг.* 272). Въ дно стеклянной трубки впаиваютъ одинъ

мѣемъ не серебро вообще, а 108 граммовъ серебра; Fe обозначаетъ 28 граммовъ желѣза, Cu—31,5 грамма мѣди. Эти вѣсовыя количества, приведенныя въ столбцахъ (2), суть *химическіе эквиваленты* [для простоты, очевидно, авторъ не говоритъ объ атомныхъ вѣсахъ] простыхъ тѣлъ; говорить о нихъ подробно—здѣсь не мѣсто.

Каждому сложному тѣлу, иначе—химическому соединенію, соотвѣтствуетъ извѣстная формула; такъ формула воды есть HO [такова *эквивалентная* формула; въ химіи чаще пользуются *атомной* формулой H^2O, показывающей атомный составъ воды.—*Пер.*]; эта формула прежде всего показываетъ, что вода есть двойное соединеніе, состоитъ изъ двухъ элементовъ—водорода (H) и кислорода (O); въ то же время формула показываетъ, что въ 9 граммахъ воды содержится 1 граммъ водорода и 8 граммовъ кислорода.

Формула поваренной соли есть NaCl Это значитъ, что въ 78,5 грамма пов. соли содержится 23 гр. натрія и 35,5 гр. хлора. Мѣдный (синій) купоросъ, или сѣрно-мѣдная соль, имѣетъ формулу $CuSo^4$, т. е. это тройное тѣло, состоящее изъ мѣди, сѣры и кислорода, причемъ 79,5 гр. мѣднаго купороса соотвѣтствуетъ: 16 гр. сѣры, $4 \times 8 = 32$ гр. кислорода и 31,5 гр. мѣди.

Металлоиды при соединеніи съ водородомъ и кислородомъ даютъ тѣла называемыя *кислотами*. Такъ, сѣра (S) даетъ сѣрную кислоту (HSO^4) [и здѣсь, естественно, приводится эквавилентная формула сѣрной кисл., а не атомная—H^2SO^4.—*Пер.*], а отъ (N)—азотную кислоту (HNO^3). Кислоты имѣютъ свойство *окрашивать синій лакмусовый настой въ красный цвѣтъ*. Металлы образуютъ съ кислородомъ такъ-называемые *окислы*, изъ которыхъ большая часть *возстановляетъ первоначальный синій цвѣтъ лакмусоваго настоя, если этотъ послѣдній предварительно былъ окрашенъ въ красный цвѣтъ* кислотою; окислы иначе называются *основаніями*. При дѣйствіи на кислоты эти окислы, или основанія образуютъ новыя тѣла, называемыя *солями*; напр., взаимодѣйствіе сѣрной кислоты и окиси мѣди даетъ сѣрномѣдную соль ($CuSo^4$)

Кромѣ кислотъ и солей, содержащихъ кислородъ, или *кислородныхъ*, есть и такія кислоты и соли, которыя кислорода не содержатъ: таковы именно *галоидныя* кислоты и соли, состоящія изъ какого-либо галоида (галоидами называются слѣдующіе металлоиды: хлоръ—Cl, бромъ—Br, іодъ—J и фторъ—F) и водорода (кислоты) или металла (соли). Сюда принадлежатъ, напр., хлористоводородная, или соляная кислота—HCl и хлористый натрій, или поваренная соль NaCl.

Соли плавятся подъ вліяніемъ болѣе или менѣе высокой температуры и растворяются въ водѣ; чѣмъ больше соли содержится въ данномъ количествѣ раствора, тѣмъ этотъ послѣдній концентрированнѣе.

*) Отъ греч ἤλεκτρον (электронъ) и λύω (ліо)—разлагаю.

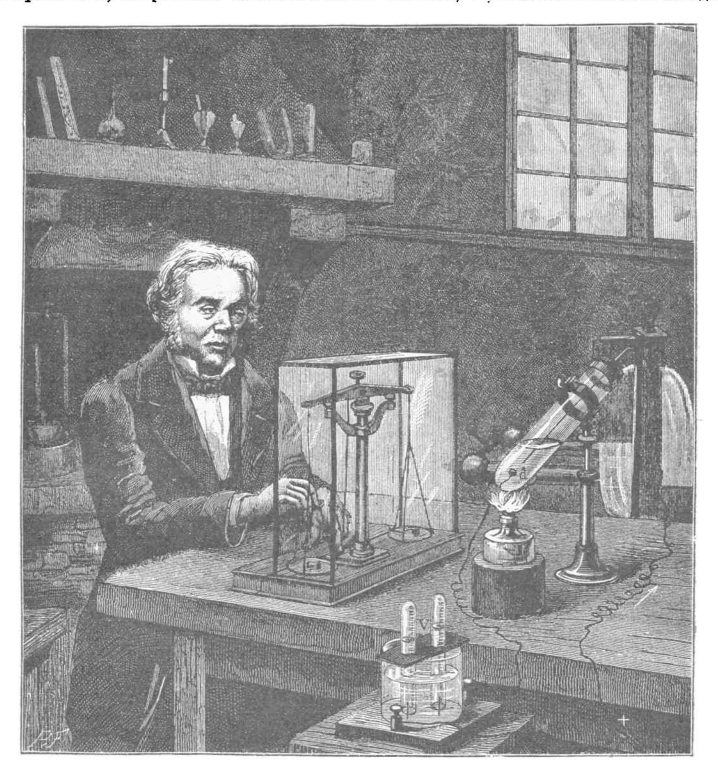
**) Отъ греч. ἤλεκτρον и οδός (ходосъ)—путь.

***) Отъ греч. ἄνω (ано) - вверхъ.

****) Отъ греч. κατά (ката)—внизъ.

*****) Отъ греч. ἴον (іонъ)—идущій.

платиновый электродъ, который соединяютъ съ отрицательнымъ полюсомъ гальваническаго элемента; трубку нагрѣваютъ спиртовой лампочкой или Бунзеновой горѣлкой, для поддержанія въ расплавленномъ состояніи вещества, положеннаго въ трубку; наконецъ, токъ вводится въ послѣднюю другимъ электродомъ *b* изъ графита, соединеннымъ съ положительнымъ полюсомъ элемента и погруженнымъ въ жидкость сверху. Въ опытѣ Фарадея отрицательный электродъ, оканчивавшійся шарикомъ *a*, покрывался металлическимъ оловомъ, а на положительномъ всегда

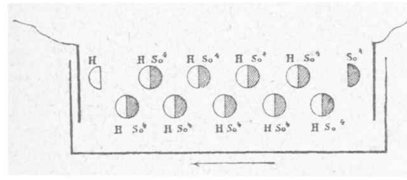


Фиг. 272.—Фарадей, установляющій основной законъ электролиза.

выдѣлялся хлоръ. При разложеніи въ подобномъ аппаратѣ не хлористаго олова а сѣрнокислой или другой какой-либо кислородной соли, катодъ опять-таки покрывается слоемъ металла, а на анодѣ собирается неметаллическая часть соли. Такимъ же образомъ разлагаются многочисленныя двойныя соединенія, именно окислы; такъ, при электролизѣ расплавленныхъ окиси калія или натрія, на отрицательномъ электродѣ отлагается металлъ (калій, натрій) и тотчасъ же сгораетъ въ окружающемъ воздухѣ, вновь превращаясь въ окись, между тѣмъ какъ на положительномъ электродѣ всегда выдѣляется кислородъ. Къ указанному факту мы еще вернемся ниже, когда будемъ говорить о примѣненіяхъ электролиза.

Соли въ водныхъ растворахъ также могутъ подвергаться электролизу, и въ этомъ случаѣ послѣднiй *въ существенномъ* происходитъ точно такъ же, какъ въ случаѣ солей, находящихся въ расплавленномъ состоянiи, т.-е. металлъ освобождается исключительно на катодѣ, а неметаллическая часть (кислотный радикалъ)—на анодѣ. Тому же закону слѣдуетъ и электролизъ кислотъ: всегда водородъ выдѣляется на отрицательномъ электродѣ, а остальная часть молекулы кислоты, т.-е. то, что въ соляхъ мы называемъ *кислотнымъ радикаломъ,* освобождается на положительномъ электродѣ; другими словами, *дѣло происходитъ такъ, какъ еслибы кислота представляла собою настоящую соль, въ которой металлъ замѣщенъ водородомъ.* Наконецъ, по тому же закону совершается электролизъ металлическихъ окисловъ въ растворахъ: ихъ металлъ выдѣляется опять на катодѣ, а кислородъ освобождается около анода. Такимъ образомъ принципъ электролиза остается неизмѣннымъ, происходитъ ли послѣднiй въ соляхъ, кислотахъ или окислахъ (основанiяхъ).

Аппараты, при помощи которыхъ производятся такiя разложенiя, называются *вольтаметрами* (*фиг.* 276). Отличаясь между собою въ частностяхъ, всѣ виды этихъ аппаратовъ — V_1, V_2, V_3 — состоятъ, главнымъ образомъ, изъ сосуда, съ неизмѣняющимися ни отъ электролитовъ, ни отъ iоновъ стѣнками, въ который погружены двѣ, обыкновенно платиновыя, пластинки или проволоки, служащiя электродами и соединяющiяся съ полюсами какого-нибудь электропроизводителя. Въ тѣхъ случаяхъ, когда около электродовъ выдѣляются газы, это расположенiе позволяетъ опрокинуть надъ электродами трубочки, наполненныя жидкостью, для собиранiя въ послѣднихъ отдѣляющихся газовъ.



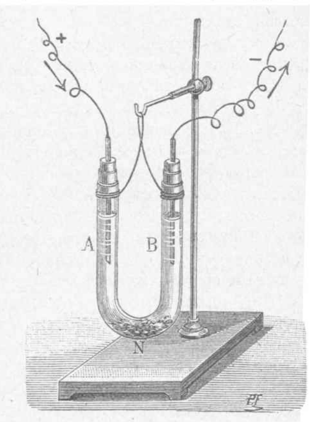
Фиг. 273.—Поляризацiя молекулъ.

Особенность электролитическаго дѣйствiя, какъ мы видѣли, состоитъ въ томъ, что оно происходитъ исключительно на электродахъ; для объясненiя этого явленiя Гротгусъ предложилъ слѣдующую остроумную гипотезу. Названный ученый предполагаетъ, что частицы жидкости (напр. сѣрной кисл.), находящiяся на пути элекрическаго тока, подъ влiянiемъ послѣдняго орiентируются особеннымъ образомъ, *поляризуются,* какъ говорятъ, т.-е. обращаются своею металлическою частью—H—къ отрицательному электроду, а частью неметаллическою—SO^4—къ положительному (*фиг.* 273). Послѣ этого орiентированiя, токъ раздѣляетъ каждую молекулу на двѣ части, изъ которыхъ каждая направляется къ тому электроду, съ которымъ у нея существуетъ большее сродство; но на своемъ пути къ элетродамъ метталлическая часть H одной молекулы встрѣчаетъ неметаллическую SO^4 второй молекулы и соединяется съ нею въ новую частицу сѣрной кислоты; металлическая же часть этой второй молекулы соединяется съ неметаллическою частью третьей, и т. д. Такимъ образомъ, остаются свободными только металлическая часть послѣдней молекулы, которая и выдѣляется на отрицательномъ электродѣ, и неметаллическая — первой молекулы, которая выдѣляется на положительномъ электродѣ.

Разложенiе растворенныхъ солей, кислотъ и окисловъ на практикѣ *усложняется,*—благодаря присутствiю воды, служащей растворителемъ, а также дѣйствiю iоновъ на электролитъ, другъ на друга и на электроды, — такъ называемыми *вторичными реакцiями.* Насколько послѣднiя могутъ измѣнять явленiе, видно изъ того, что, благодаря имъ, ученые, занимавшiеся электролизомъ, долгое время находились въ заблужденiи относительно истиннаго характера электролитическаго дѣйствiя. Дѣло въ томъ, что радикалы кислородныхъ кислотъ, освобождающiеся подъ влiянiемъ тока, не отличаются прочностью, не въ состоянiи удержать своего строенiя при тѣхъ условiяхъ, при какихъ они появились, и тотчасъ же вступаютъ въ соединенiе съ водою, образуя нормальную кислоту и

выдѣляя кислородъ, такъ что на положительномъ электродѣ въ свободномъ состояніи чаще всего находится только кислородъ; напр., при электролизѣ сѣрномѣдной соли на отрицательномъ электродѣ получимъ отложеніе мѣди, а у положительнаго будетъ происходить образованіе сѣрной кислоты съ освобожденіемъ кислорода. По той же причинѣ, сли будемъ разлагать токомъ растворъ сѣрной или фосфорной кислоты, на катодѣ будетъ выдѣляться водородъ, а на анодѣ, благодаря присутствію воды, вновь образовываться кислота съ освобожденіемъ кислорода. Вслѣдствіе этихъ вторичныхъ реакцій, при помощи незначительнаго количества кислоты можетъ быть разложено неограниченное количество воды, что заставило Карлейля и Никольсона, — ученыхъ, впервые производившихъ этотъ опытъ въ 1800 г.,—думать, что кислота въ разложеніи не участвуетъ, а только дѣлаетъ воду проводимою.

Вотъ еще интересный примѣръ вторичныхъ дѣйствій. Въ опытѣ разложенія сѣрномѣдной соли мы предполагали, что электроды—платиновые. Въ этомъ случаѣ на анодѣ вновь образуется сѣрная кислота и освобождается кислородъ. Если же электроды будутъ не платиновые, а изъ такого металла, который *измѣняется отъ дѣйствія сѣрной кислоты*, напр., изъ мѣди, то радикалъ SO^4, по мѣрѣ своего освобожденія, будетъ вступать въ химическое соединеніе съ мѣдью анода, и давать сѣрномѣдную соль ($CuSO^4$), которая и будетъ прибавляться къ первоначально взятому количеству той же соли. *Анодъ будетъ*, слѣдовательно, *терять часть мѣди*, онъ будетъ, частію *растворяться*. Въ этомъ опытѣ кажется, будто мѣдь *переносится* токомъ съ одного электрода на другой въ направленіи тока, т.-е. съ анода на катодъ. На этомъ-то, *растворенiи* анода основана *гальванопластика*.



Фиг. 274.—Электролизъ сѣрнокаліевой соли. Въ N видны куски названной соли.

Бываютъ и такіе случаи, когда тотъ или другой электродъ, не измѣняясь продуктами разложенія, имѣетъ способность вбирать въ себя одинъ изъ послѣднихъ. Такой способностью обладаетъ металлъ *палладій*, который поглощаетъ около 900 объемовъ водоворода, образуя сперва опредѣленное химическое соединеніе — водородный палладій ($Pd^2 H$), а затѣмъ истинный сплавъ. Это свойство палладія обнаружилъ впервые Грэгэмъ въ 1864 г. при разложеніи разведенной сѣрной кислоты, покрывъ катодъ изъ палладія лакомъ. Такъ какъ поглощать H могла только сторона, непокрытая лакомъ и увеличеніе объема происходило только на этой сторонѣ, то пластинка палладія искривлялась и даже закручивалась лакированной стороной кнутри.

Вслѣдствіе вторичныхъ дѣйствій происходитъ и то, что при электролизѣ зеленаго желѣзнаго купороса (сѣрножелѣзистой соли) эта соль желтѣетъ на анодѣ: соединяясь съ выдѣляющимся здѣсь кислородомъ, она переходитъ въ сѣрножелѣзную соль. Наоборотъ, эта послѣдняя даетъ, при электролизѣ, на катодѣ зеленую сѣрножелѣзистую соль, происходящую отъ возстановленія сѣрножелѣзной соли металлическимъ желѣзомъ, осаждающимся на этомъ электродѣ.

Въ силу подобныхъ же реакцій нѣкоторые металлы въ иныхъ случаяхъ осаждаются на катодѣ не въ чистомъ видѣ, а въ видѣ окисловъ; такъ, напр., свинецъ и марганецъ при слабыхъ токахъ появляются на катодѣ въ видѣ оки-

словъ, между тѣмъ какъ подъ вліяніемъ сильныхъ токовъ они выдѣляются нормально—въ видѣ чистыхъ металловъ.

Укажемъ еще на одну весьма важную вторичную реакцію, имѣющую мѣсто при электролизѣ солей щелочныхъ металловъ. Введемъ въ изогнутую, U-образную трубку (*фиг.* 274) растворъ сѣрнокаліевой соли, окрашенный фіалковымъ настоемъ (вмѣсто соли калія, можно взять соль натрія). Когда пропустимъ токъ въ оба колѣна трубки, жидкость въ колѣнѣ, соотвѣтствующемъ аноду A, покраснѣетъ, что указываетъ на образованіе здѣсь кислоты, съ необходимымъ освобожденіемъ кислорода, а въ томъ колѣнѣ, куда помѣщенъ катодъ B, она позеленѣетъ—при выдѣленіи водорода, что служитъ указаніемъ на образованіе щелочи. Это образованіе изъ сѣрнокаліевой соли, съ одной стороны, сѣрной кислоты, а, съ другой—окиси калія происходитъ, очевидно, благодаря взаимодѣйствію между первичными продуктами электролиза и водою; именно, образованіе кислоты на анодѣ объясняется здѣсь такъ же, какъ и въ предъидущихъ примѣрахъ, а образованіе окисла есть слѣдствіе извѣстной способности щелочныхъ металловъ разлагать воду при обыкновенной температурѣ; выдѣляясь, на катодѣ, металлъ, естественно, не можетъ оставаться въ такомъ видѣ въ присутствіи воды и тотчасъ же разлагаетъ эту послѣднюю, соединяясь съ ея кислородомъ въ окись и освобождая водородъ. Для изъятія выдѣляющагося калія отъ дѣйствія воды пользуются ртутнымъ катодомъ: въ моментъ своего выдѣленія калій растворяется въ ртути, образуетъ съ нею однородный сплавъ и, благодаря этому, уже не можетъ подвергаться дѣйствію воды.

Примѣровъ подобныхъ вторичныхъ разложеній можно бы указать сколько угодно. Но приведенныхъ уже достаточно для того, чтобы составить себѣ надлежащее представленіе о характерѣ всѣхъ реакцій, совершающихся по такому типу и вмѣстѣ съ тѣмъ оцѣнить ихъ историческое значеніе.

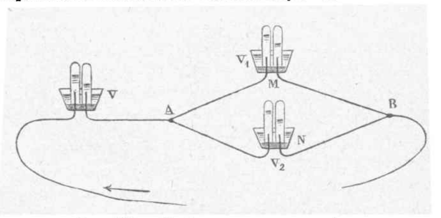
Познакомившись съ качественными законами электролиза, перейдемъ теперь къ разсмотрѣнію тѣхъ, установленныхъ Фарадеемъ, законовъ, которыми опредѣляются количества электролитовъ, разлагаемыя въ опредѣленный промежутокъ времени различными токами. Для этого намъ нужны только два простыхъ снаряда: во-первыхъ, сосудъ, уже описанный при опытѣ электролиза расплавленныхъ солей, и, во-вторыхъ, волтаметръ V (*фиг.* 275), снабженный калиброванными трубками (т.-е. трубками, раздѣленными на части равной емкости), необходимыми для измѣренія объемовъ выдѣляющихся газовъ. Первый относящійся сюда законъ, выведенный Фарадеемъ изъ непосредственнаго опыта, состоитъ въ слѣдующемъ:

Токъ опредѣленной силы за извѣстный промежутокъ времени освобождаетъ всегда одно и то же количество водорода. Для доказательства этого Фарадей одновременно вводилъ въ цѣпь нѣсколько вольтаметровъ, содержавшихъ разведенную сѣрную кислоту, и тогда оказывалось, что по истеченіи извѣстнаго времени во всѣхъ вольтаметрахъ, независимо отъ ихъ объема, находились одинаковыя количества освобожденнаго водорода.

Подобнаго рода опыты требуютъ особенныхъ предосторожностей въ виду ошибокъ, могущихъ произойти вслѣдствіе тѣхъ или иныхъ вторичныхъ дѣйствій, вслѣдствіе поглощенія газа электродами. Маскаръ показалъ, что лучше всего подвергать электролизу весьма разведенный растворъ фосфорной кислоты, употребляя въ качествѣ электродовъ платиновыя проволоки, входящія въ трубочки только своими концами; благодаря этому, избѣгаются, съ одной стороны, вторичныя дѣйствія, наблюдаемыя при разложеніи сѣрной кислоты (образованіе перекиси водорода, озона), а съ другой—потеря газа чрезъ поглощеніе платиновыми электродами доводится до минимума.

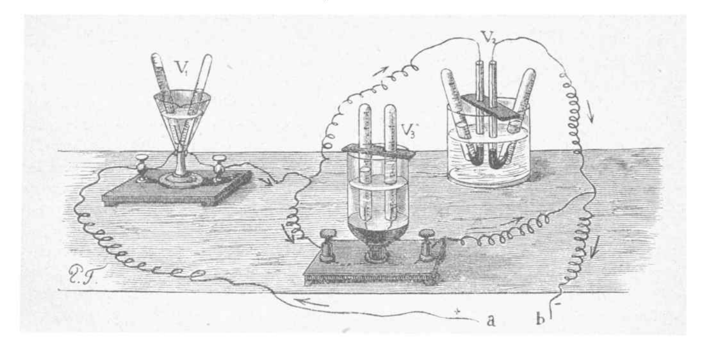
Обратимся теперь ко второму закону электролиза. Возьмемъ, какъ дѣлалъ Фарадей, три одинаковыхъ вольтаметра (разумѣя подъ одинаковыми вольтаметрами такіе, которые, будучи введены въ одну и ту же цѣпь и наполнены однимъ и тѣмъ же электролитомъ, въ теченіе одинаковаго времени даютъ равныя

количества водорода), и введемъ эти вольтаметры въ такую цѣпь, которая въ точкѣ A раздѣляется на двѣ другія цѣпи, AMB и ANB, называемыя отвѣтвленіями. Пусть вольтаметръ V введенъ въ главную цѣпь, а вольтаметры V_1 и V_2—въ отвѣтвленія. Первоначальный токъ распадается при этомъ на два такъ-называемые отвѣтвленные тока, которые, по симметріи, будутъ одинаковой силы, равной половинѣ силы главнаго тока. Помощью такого расположенія мы убѣдимся, что въ данный промежутокъ времени въ вольтаметрахъ V_1 и V_2 выдѣлятся одинаковыя количества водорода, при чемъ въ каждомъ вольтаметрѣ будетъ находиться ровно половина того, что содержится въ главномъ вольтаметрѣ V.



Фиг. 275.—Отвѣтвленные вольтаметры.

Такимъ же образомъ, если будемъ имѣть не два, а три, четыре и больше равныхъ отвѣтвленій, то каждый изъ отвѣтвленныхъ вольтаметровъ будетъ заключать третью, четвертую или еще соотвѣтственно меньшую часть того количества водорода, какое будетъ содержаться въ главномъ вольтаметрѣ. Но и въ случаѣ неодинаковыхъ вольтаметровъ сумма количествъ водорода, освобожденныхъ въ V_2 и V_3, всетаки равна количеству водорода въ вольтаметрѣ V_1 (*фиг.* 276). Такимъ образомъ мы получаемъ возможность сравнивать между собой различные токи по ихъ разлагающему дѣйствію на одинъ и тотъ же электролитъ, причемъ очевидно, что одинъ токъ можно считать вдвое, втрое сильнѣе другого, если онъ въ теченіе одного и того же времени освобождаетъ вдвое, втрое большее



Фиг. 276.—Объемъ водорода, освобождающагося въ вольтаметрѣ V_1, введенномъ въ главную цѣпь, равенъ суммѣ объемовъ водорода, выдѣляющагося въ отвѣтвленныхъ вольтаметрахъ V_2 и V_3.

количество водорода, нежели другой; другими словами, *сила токовъ можетъ быть измѣряема числами, пропорціональными тѣмъ вѣсовымъ количествамъ водорода, которыя освобождаются токами въ теченіе опредѣленнаго промежутка времени.* Принимая за *единицу силу такого тока, который въ одну секунду освобождаетъ 1 граммъ водорода,* мы можемъ выразить въ такихъ единицахъ силу различныхъ токовъ; для каждаго тока число такихъ единицъ будетъ равно числу граммовъ освобожденнаго имъ водорода.

Опытъ показываетъ, что это опредѣленіе силы тока, если не считать одного

постояннаго множителя, вполнѣ согласуется *) съ общепринятымъ опредѣленіемъ, основаннымъ на явленіяхъ электромагнитизма.

Итакъ, электролизъ водныхъ растворовъ кислотъ указалъ намъ на соотношеніе между силою тока и количествомъ освобожденнаго водорода. Фарадей не замедлилъ распространить свои опыты на расплавленныя соли, поставивъ себѣ цѣлью опредѣлить, существуетъ ли также зависимость между силою тока и вѣсомъ освобожденнаго металла. Вотъ способъ, который онъ употреблялъ для рѣшенія этого вопроса. Въ цѣпь вводятъ одновременно вольтаметръ V (*фиг.* 272), содержащій, напр., весьма разведенную фосфорную кислоту, и трубку *a b*, какую мы брали для электролиза расплавленныхъ солей; въ этой трубкѣ находится какая-нибудь соль, поддерживаемая въ расплавленномъ состояніи при помощи спиртовой лампочки. Проходя одновременно чрезъ оба электролита, токъ освобождаетъ въ V водородъ, а въ *a* — металлъ. Опредѣливъ изъ объема выдѣлившагося водорода вѣсъ послѣдняго P (этотъ вѣсъ пропорціоналенъ силѣ тока), находимъ затѣмъ непосредственнымъ взвѣшиваніемъ вѣсъ P′ выдѣлившагося на *a* металла. Какъ показываетъ опытъ, отношеніе $\frac{P'}{P}$ остается постояннымъ для одного и того же металла, какова бы ни была сила проходящаго тока, и, по вычисленію, оказывается совершенно равнымъ химическому эквиваленту даннаго металла (см. таблицу эквивалентовъ въ примѣчаніи къ стр. 271). Въ виду этого Фарадей назвалъ отношеніе $\frac{P'}{P}$ (отношеніе вѣса осажденнаго металла къ вѣсу выдѣлившагося водорода) *электрохимическимъ эквивалентомъ* металла. Такой эквивалентъ, слѣдовательно, показываетъ сколько граммовъ металла соотвѣтствуетъ при электролизѣ одному грамму водорода **). Такъ какъ эти электрохимическіе эквиваленты тождественны съ химическими эквивалентами тѣлъ, то законъ Фарадея можетъ быть выраженъ слѣдующимъ образомъ:

При разложеніи нѣсколькихъ расплавленныхъ или растворенныхъ солей однимъ и тѣмъ же токомъ, каждаго металла выдѣлится вѣсовое количество, пропорціональное его химическому эквиваленту.

Но такимъ образомъ выраженный, законъ Фарадея въ нѣкоторыхъ случаяхъ представляется неточнымъ. Такъ, при электролизѣ двухъ солей, образованныхъ однимъ и тѣмъ же металломъ и одной и той же кислотой, но имѣющихъ неодинаковый составъ, на электродахъ выдѣляются неодинаковыя количества металла; напр., въ случаѣ электролиза однохлористой мѣди (CuCl) и двухлористой мѣди $CuCl^2$), эти количества относятся, какъ 1 къ 5.

Эд. Беккерель показалъ, что на каждый эквивалентъ водорода, освобожденный въ вольтаметрѣ съ подкисленной водой, всегда приходится одинъ эквивалентъ хлора или кислоты, выдѣленныхъ на анодѣ вольтаметра, содержащаго одно- или двухлористую мѣдь, или, коротко говоря, что *закону эквивалентовъ подчиняются металлоиды*. Однако-же, и это правило допускаетъ исключенія; такъ, по изслѣдованіямъ Видемана оказалось, что въ электролизѣ фосфорнонатровыхъ солей *законъ эквивалентовъ опять-таки относится къ металлу*. Наконецъ, разлагая смѣси различныхъ солей, Маттеуччи показалъ, что въ однихъ случаяхъ разлагается только одна изъ содержащихся въ смѣси солей, въ другихъ же случаяхъ — на катодѣ осаждается смѣсь всѣхъ взятыхъ для опыта металловъ, но тогда каждый изъ послѣднихъ доставляетъ только часть своего эквивалента, между тѣмъ какъ въ вольтаметрѣ съ подкисленной водой на катодѣ выдѣляется цѣлый эквивалентъ водорода; при этомъ, однако-же, оказалось, что *сумма частей эквивалента, доставленныхъ всѣми взятыми металлами, равна единицѣ.*

---

*) По новѣйшимъ изслѣдованіямъ Маскара, токъ въ 1 амперъ выдѣляетъ въ 1 секунду 0,000,010,415 = $^1/_{96600}$ грам. водорода; стало быть, для выдѣленія въ 1 сек. одного грамма водорода требуется 96000 амперовъ.

**) Отсюда слѣдуетъ, что, если выражать силу тока въ амперахъ, то вѣсъ металла, выдѣленный 1 амперомъ, будетъ составлять $^1/_{96600}$ E, гдѣ E означаетъ химическій эквивалентъ даннаго металла.

Электролизъ солей иногда усложняется явленіемъ, извѣстнымъ подъ названіемъ *переноса іоновъ*. Возьмемъ большихъ размѣровъ вольтаметръ, электроды котораго удалены другъ отъ друга настолько, что ихъ можно раздѣлить пористою перегородкою. Если перегородка раздѣляетъ вольтаметръ на двѣ равныя части, и мы разлагаемъ, напр., сѣрнокаліевую соль, то окажется, что въ каждой половинѣ будетъ недоставать полуэквивалента электролита, взамѣнъ чего выдѣлится: эквивалентъ сѣрной кислоты на анодѣ и эквивалентъ окиси калія на катодѣ. Таковъ нормальный случай электролиза. При разложеніи же нѣкоторыхъ другихъ солей замѣчается слѣдующая особенность. Взявъ, напр., *растворъ* хлористаго кальція, увидимъ, что во время прохожденія тока происходитъ не только разложеніе электролита, но и измѣненіе концентрація жидкости—увеличеніе концентраціи у катода и уменьшеніе ея у анода, т.-е. какъ бы происходитъ перенесеніе соли отъ одного полюса къ другому, по направленію тока. Замѣтимъ, что указаннаго явленія никогда не бываетъ въ случаѣ *расплавленныхъ* солей.

Для объясненія его предложено двѣ гипотезы. Гитторфъ предполагаетъ, что причиною его служитъ неодинаковая скорость передвиженія іоновъ чрезъ электролитъ. Эта гипотеза не можетъ быть допущена. По другой гипотезѣ, электролитическая молекула тѣла иногда разнится отъ его химической молекулы, содержа, наприм., въ нѣсколько разъ большее количество вещества, нежели химическая, т. е. являясь полимеромъ *) послѣдней. Тогда, если химическая молекула есть MA (гдѣ M означаетъ металлъ, а A—кислотный радикалъ), а электролитическая — $M^n A^n$, то можно предположить, что электролизъ совершается по уравненію

$$M^n A^n = \frac{M^{n-1} A^{n-1} + A}{+} + \frac{M}{-},$$

гдѣ знаки + и — подъ чертою означаютъ положительный и отрицательный полюсы,—что равносильно переносу (n—1) химическихъ молекулъ взятой соли къ положительному полюсу за время разложенія одной электролитической молекулы.

Для солей же, при разложеніи которыхъ переноса не наблюд'ется, электролитическая молекула равна химической.

Посмотримъ теперь, что происходитъ въ самомъ элементѣ. Наблюдая Вольтову пару, Фарадей замѣтилъ, что за то время, за которое въ вольтаметрѣ выдѣляется одинъ эквивалентъ водорода, въ парѣ растворяется какъ разъ одинъ эквивалентъ цинка. То же самое доказалъ и Даніэль—нѣсколько инымъ путемъ. Онъ бралъ элементъ, устроенный такъ, что водородъ, выдѣлявшійся, подъ вліяніемъ тока, на мѣдной пластинкѣ, можно было непосредственно собирать въ трубки; этотъ элементъ онъ приводилъ въ сообщеніе съ вольтаметромъ, содержавшимъ разведенную сѣрную кислоту, и пропускалъ токъ въ теченіе нѣкотораго времени. Тогда онъ убѣждался, что элементъ и вольтаметръ давали одно и то же количество водорода. Такимъ образомъ, можно сказать, что:

1) вѣса цинка, раствореннаго въ элементѣ, и водорода, за то же время выдѣленнаго въ вольтаметрѣ, относятся между собою, какъ эквиваленты названныхъ двухъ химическихъ тѣлъ, и

2) въ каждомъ элементѣ разлагается такое же количество воды, какъ и въ вольтаметрѣ.

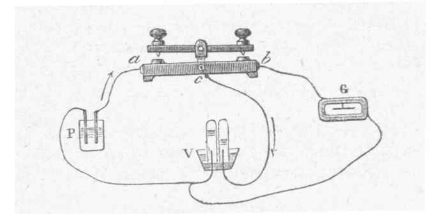
Такъ какъ водородъ, какъ въ элементѣ, такъ и въ вольтаметрѣ, всегда выдѣляется на *электродѣ, выводящемъ токъ,* а направленіе тока внутри элемента обратно направленію его во внѣшней части цѣпи, т. е. токъ идетъ отъ отрицательнаго полюса къ положительному, то послѣдній и будетъ служить *для элемента* катодомъ.

Въ виду того, что химическія разложенія могутъ совершаться только вслѣдствіе преобразованія нѣкотораго количества энергіи, а единственнымъ источ-

*) Отъ греческихъ словъ πολύς (полисъ) многій и μέρος (меросъ)—часть.

никомъ энергіи въ занимающихъ насъ явленіяхъ, служитъ гальваническій элементъ, то необходимо думать, что энергія химическихъ разложеній сполна производится элементомъ. Для обнаруженія этого Фавръ придумалъ слѣдующій изящный опытъ. Берутъ два муфеля (муфель есть глиняный полуцилиндрическій сосудъ) и въ одинъ изъ нихъ помѣщаютъ Вольтову пару (цинкъ и мѣдь въ подкисленной водѣ) а въ другой—проволоку, соединяющую оба полюса, и послѣдовательно вводятъ въ калориметръ сперва Вольтову пару, оставляя соединяющій проводникъ внѣ калориметра, затѣмъ одинъ этотъ проводникъ безъ пары и, наконецъ, пару вмѣстѣ съ соединительной проволокой. Если количество теплоты, развиваемой въ калориметрѣ въ первомъ случаѣ, т. е. тогда, когда въ колориметрѣ находится дѣйствующая пара, равно Q_1, а во второмъ случаѣ, т. е. вслѣдствіе отдачи калориметру теплоты нагрѣваемой проволокой, оно равно Q_2, то помѣщеніе въ килориметрѣ пары вмѣстѣ съ проводникомъ даетъ количество Q, которое оказывается равнымъ Q_1+Q_2.

Произведя рядъ опытовъ съ различными проводниками при одномъ и томъ же элементѣ, найдемъ, что количество Q остается почти неизмѣннымъ, т. е. что съ уменьшеніемъ Q_2 увеличивается Q_1, и наоборотъ. Q есть общее количество теплоты, развиваемое совершающимися въ элементѣ химическими дѣйствіями. Такимъ же путемъ можно убѣдиться что теплота, потребная для химическихъ разложеній, заимствуется у элемента. Для этого достаточно помѣстить нѣсколько элемен-

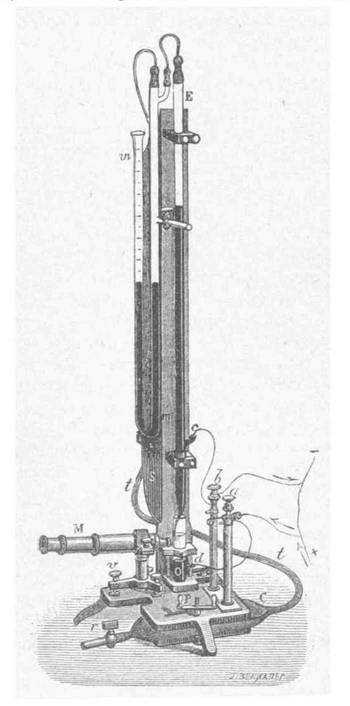


Фиг. 277.—Опытъ, показывающій поляризацію электродовъ.

товъ въ одинъ муфель, а въ другой муфель ввести вольтаметръ, и соединить послѣдній съ элементами. Тогда увидимъ, что калориметръ отъ всего, что въ немъ помѣщено, получаетъ меньшее количество теплоты, чѣмъ отъ совокупности всѣхъ элементовъ, но безъ вольтаметра, причемъ разность будетъ равна какъ разъ тому количеству теплоты, какое должно было быть затрачено на разложеніе даннаго количестна электролита въ вольтаметрѣ.

Намъ остается разсмотрѣть еще одно явленіе. Мы видѣли, что при прохожденіи тока чрезъ тотъ или иной электролитъ металлъ увлекается къ отрицательному электроду, а кислотный радикалъ, къ положительному, и въ результатѣ происходитъ накопленіе продуктовъ разложенія на самыхъ электродахъ или въ непосредственномъ съ ними сосѣдствѣ. Опытъ показываетъ (*фиг.* 277), что если въ это время элементъ P замѣнить какимъ-либо снарядомъ, способнымъ обнаружить присутствіе электрическаго тока, наприм., гальванометромъ G, то стрѣлка гальванометра отклонится, указывая на прохожденіе тока, по направленію, обратному провоначальному току. Но въ то же время будетъ происходить возсоединеніе продуктовъ разложенія, т. е. они будутъ покидать соотвѣтствующіе электроды, вновь соединяясь между собой въ вещество электролита, и вслѣдствіе этого новый токъ будетъ ослабѣвать, будетъ продолжаться только до тѣхъ поръ, пока электроды будутъ находится въ соприкосновеніи съ нѣкоторымъ количествомъ іоновъ. Электроды, измѣненные дѣйствіемъ первоначальнаго тока, называютъ *поляризованными*, а электродвижущую силу, энергію, проистекающую отъ поляризаціи электродовъ, называютъ *электродвижущею силою поляризаціи*. Такъ какъ эта электродвижущая сила производитъ

токъ, обратный первичному, то сила послѣдняго должна уменьшаться. Такъ на дѣлѣ и происходитъ, и если гальваническій элементъ сообщить съ гальванометромъ, представляющимъ большое сопротивленіе (т. е. съ такимъ, у котораго на рамкѣ намотана длинная и тонкая проволока), и съ вольтаметромъ, то сила первичнаго тока станетъ все болѣе убывать, до тѣхъ поръ, пока не сдѣлается постоянною, что произойдетъ тогда, когда электродвижущая сила поляризаціи достигнетъ своей наибольшей, предѣльной величины. Опытъ показываетъ, что, если измѣнить только направленіе первичнаго тока, то измѣнится и направленіе



Фиг. 278.—Капиллярный электрометръ Липмана.

электродвижущей силы поляризаціи, но величина ея останется при этомъ неизмѣнною; если же возьмемъ электроды изъ другого вещества или измѣнимъ ихъ размѣры, то измѣнится самая величина этой электродвижущей силы; съ другой стороны, сила поляризаціи для даннаго элемента остается неизмѣнною, если площадь катода измѣняется въ одномъ отношеніи съ силою первичнаго тока; слѣдовательно, въ отношеніи къ поляризаціи полезно уменьшать плотность тока, т. е. силу тока на единицу площади электродовъ.

Любопытное примѣненіе *поляризаціи электродовъ* сдѣлано Липманомъ. Въ подкисленную (сѣрною кислотой) воду, налитую поверхъ слоя ртути (*фиг.* 278), содержащейся въ сосудѣ O, погруженъ очень вытянутый конецъ вертикальной трубки E, также содержащей ртуть. Слой ртути, заключающійся въ этомъ вытянутомъ концѣ, оканчивается внизу сферическою ртутною поверхностью (менискомъ), ко-

торая поддерживаетъ его, играя роль какъ бы перепонки. Если оба ртутные слоя соединить посредствомъ проволокъ *da* и *cb* съ полюсами элемента, то обѣ ртутныя поверхности, служащія здѣсь электродами, поляризуются и ртуть въ трубкѣ Е тотчасъ же повышается. Помощью микроскопа М можно наблюдать при этомъ исчезаніе мениска. Чтобы привести менискъ въ его начальное положеніе, требуется произвести нѣкоторое давленіе на поверхность ртути въ трубкѣ Е, болѣе или менѣе сжать воздухъ въ этой послѣдней. Такимъ образомъ, при помощи описаннаго аппарата обнаруживается та незначительная разность потенціаловъ, которая существуетъ между двумя точками, къ которымъ примыкаютъ проволоки *da* и *cb*. Оттого этотъ снарядъ, названный *капиллярнымъ электрометромъ*, весьма употребителенъ при электрическихъ измѣреніяхъ.

При описаніи Эдиссонова *мотографа* мы уже видѣли, какимъ образомъ поляризація двухъ электродовъ, могущихъ двигаться другъ около друга, измѣняетъ треніе, происходящее между ихъ поверхностями.

Наконецъ, упомянемъ еще о *вліяніи свѣта* на поляризацію электродовъ. Если въ качествѣ электрода взять серебряную пластинку, покрытую слоемъ сѣрнистаго серебра, и періодически ее освѣщать, то также періодически будетъ измѣняться и сила тока, благодаря чему будетъ приводиться въ дѣйствіе введенный въ цѣпь телефонъ. На этомъ именно началѣ основанъ *электрохимическій радіофонъ* Меркадье и Шаперона.

Необходимо замѣтить, что при электролизѣ солей между электродами сдѣланными изъ того же металла, какой входитъ въ составъ данной соли, поляризаціи не происходитъ. Такъ, наприм., ея не бываетъ при разложеніи какой-нибудь мѣдной соли между мѣдными электродами; въ такомъ разложеніи все сводится къ переносу металла съ одного электрода на другой, что не создаетъ никакой диссиметріи, никакой разности между электродами. Это можетъ быть доказано путемъ опыта, по крайней мѣрѣ, въ тѣхъ случаяхъ, когда главный токъ не отличается слишкомъ большой силою.

Явленіе *поляризаціи электродовъ* позволяетъ устраивать настоящіе *вторичные элементы*, заимствующіе свою энергію у тѣхъ элементовъ, дѣйствіемъ которыхъ производится электролизъ, т. е. у *первичныхъ*. Типы такихъ элементовъ и образуемыхъ изъ нихъ батарей довольно многочисленны. Здѣсь мы ограничимся указаніемъ на *газовую батарею Грова*. Она состоитъ изъ нѣкотораго числа сосудовъ, въ которые погружены по двѣ стеклянныхъ трубочки съ платиновыми пластинками внутри, занимающими всю длину трубочекъ. Сосуды и трубочки содержатъ разведенную сѣрную кислоту и соединяются съ первичнымъ элементомъ, такъ что каждый сосудъ дѣйствуетъ, какъ вольтаметръ. Въ тотъ моментъ, когда трубочки выполняются газами, сообщеніе съ первичнымъ элементомъ прерываютъ и сосуды соединяютъ въ послѣдовательную или параллельную батарею совершенно такъ, какъ обыкновенные элементы.

Весьма многочисленныя примѣненія законовъ электролиза всѣ могутъ быть подведены подъ двѣ категоріи: къ первой принадлежатъ способы опредѣленія количественнаго содержанія веществъ въ растворахъ, основанные на законахъ Фарадея; другую категорію составляютъ важныя приложенія къ промышленности, каковы: очищеніе спирта для приданія ему хорошаго вкуса, очистка или выдѣленіе различныхъ химическихъ тѣлъ (мѣди, алюминія, фтора), гальванопластика, золоченіе, серебреніе и т. д.; наконецъ, съ цѣлью воспользоваться вторичными токами устраиваются весьма употребительные въ практикѣ аппараты, извѣстные подъ названіемъ *аккумуляторовъ* (запасателей), которые суть не что иное, какъ вторичныя батареи.

Мы разсмотримъ вкратцѣ лишь наиболѣе интересныя изъ названныхъ приложеній. Изъ всѣхъ электрохимическихъ приборовъ, служащихъ для измѣренія силы тока, практичнымъ можетъ считаться только *измѣритель Эдиссона;* но и этотъ снарядъ даетъ удовлетворительные результаты лишь при соблюденіи многихъ предосторожностей. Въ существенномъ онъ состоитъ изъ двухъ

вольтаметровъ съ цинковыми катодами, разсчитываемыхъ, путемъ введенія въ цѣпь соотвѣтствующихъ сопротивленій, на прохожденіе лишь $^1/_{100}$ или $^1/_{1000}$ доли всего тока, для того, чтобы не приходилось взвѣшивать слишкомъ тяжелыхъ отложеній. Чрезъ двѣ недѣли производятъ одно измѣреніе, а еще чрезъ двѣ — другое, контрольное: цинковый катодъ промываютъ сначала въ водѣ, затѣмъ въ спиртѣ, для устраненія всякаго окисленія, выслушиваютъ и взвѣшиваютъ. Въ ящикѣ, въ которомъ помѣщены вольтаметры, находится лампочка накаливанія, приходящая въ сообщеніе съ цѣпью лишь при паденіи окружающей температуры ниже извѣстнаго предѣла, и такимъ образомъ служащая для нагрѣванія всего аппарата и предотвращающая замерзаніе жидкости въ вольтаметрахъ.

Совершенно на томъ же принципѣ основанъ и другой измѣрительный приборъ, принадлежащій также Эдиссону. Здѣсь оба вольтаметра привѣшены на концахъ коромысла вѣсовъ и устроены такъ, что когда въ одномъ изъ нихъ происходитъ отложеніе нѣкотораго количества электролита, другой въ это время теряетъ какъ разъ столько же; другими словами, въ то время, когда цинковая пластинка въ одномъ вольтаметрѣ служитъ катодомъ, такая же пластинка въ другомъ служитъ анодомъ. Кромѣ того, вѣсы установлены такъ, что коромысло приходитъ въ качаніе каждый разъ, когда разность вѣса между двумя цинковыми пластинками достигаетъ опредѣленной величины (наприм., 1 грамма). Качаніе коромысла подвигаетъ указательную стрѣлку на одно дѣленіе впередъ и въ то же время измѣняетъ направленіе тока въ вольтаметрахъ, такъ что тотъ вольтаметръ, который прибавился въ вѣсѣ, начинаетъ терять въ немъ, и наоборотъ. Такимъ образомъ, этотъ измѣритель можетъ дѣйствовать неопредѣленно долгое время. Однако-жъ этотъ остроумный снарядъ въ практику не вошелъ.

Электролитическія свойства тока служатъ также для раздѣленія и даже опредѣленія количественнаго содержанія различныхъ металловъ въ соотвѣтствующихъ имъ соляныхъ растворахъ. При этомъ пользуются тѣмъ, что одни металлы, какъ, напр., золото, платина, ртуть, серебро, осаждаются путемъ электролиза только изъ очень кислыхъ растворовъ, между тѣмъ какъ другіе, наприм., кадмій, цинкъ, кобальтъ, никкель, — только изъ среднихъ или щелочныхъ; третьи же, наконецъ, осаждаются на катодѣ въ видѣ перекисей: таковы, наприм., свинецъ и марганецъ.

Въ лабораторіяхъ, гдѣ электролитическій анализъ производится въ большихъ размѣрахъ, въ качествѣ генераторовъ преимущественно употребляются динамо-машины, съ постояннымъ токомъ, о которыхъ будемъ говорить впослѣдствіи. Выбираются обыкновенно такія, которыя способны выдѣлить въ теченіе четырехъ часовъ 1 граммъ мѣди. Различные металлы осаждаются въ одной и той же жидкости въ порядкѣ ихъ химическаго сродства.

Изъ многочисленныхъ аппаратовъ, находящихъ себѣ примѣненіе въ количественномъ электролитическомъ анализѣ, мы опишемъ только одинъ изъ наиболѣе употребительныхъ. Существенныя части его—это платиновый тигель, соединяемый съ однимъ изъ полюсовъ элемента, и погружаемый въ этотъ тигель опрокинутый конусъ, тоже изъ платины, приводимый въ сообщеніе съ другимъ полюсомъ элемента; на этомъ-то конусѣ и осаждается металлъ. Чтобы капельки жидкости не уносились отдѣляющимися газами, надъ всѣмъ приборомъ опрокидывается воронкообразный стеклянный сосудъ. Наконецъ, нагрѣваніе прибора производится въ водяной или песчаной банѣ (ваннѣ). До начала электролиза, конусъ промываютъ, высушиваютъ и взвѣшиваютъ; по окончаніи электролитической операціи, наступающей тогда, когда все взятое количество электролита оказывается разложеннымъ, конусъ вынимается изъ тигля, промывается сначала въ водѣ, затѣмъ въ спиртѣ, высушивается и вторично взвѣшивается. Разность между полученнымъ теперь вѣсомъ и первоначальнымъ покажетъ вѣсъ выдѣленнаго металла. За послѣдніе годы описанный аналитическій пріемъ пріобрѣлъ важное значеніе въ химической практикѣ, нашедши успѣшное примѣненіе къ отдѣленію металловъ, именно желѣза, цинка и никкеля, отъ мѣди и къ опредѣ-

ленію количественнаго содержанія названныхъ металловъ, взятыхъ отдѣльно. Продолжительность одного полнаго осажденія обыкновенно составляетъ нѣсколько часовъ, причемъ въ теченіе часа освобождается въ среднемъ отъ одной до двухъ десятыхъ грамма металла.

Что касается примѣненій электролиза въ промышленности, то ихъ существуетъ чрезвычайно много. Къ спирту, первоначально получаемому на заводахъ, нерѣдко бываетъ примѣшано то или иное количество альдегида, сообщающаго ему жгучій вкусъ и непріятный запахъ. И тотъ и другой очень легко устранить при помощи Вольтовой пары,—пары изъ цинка и мѣди. Подъ вліяніемъ такой пары, легко осуществляемой погруженіемъ цинковыхъ пластинокъ въ очень слабый растворъ сѣрномѣдной соли (мѣднаго купороса) на нѣсколько секундъ, вода, всегда содержащаяся въ спиртѣ, разлагается, освобождая водородъ; *альдегидъ*, связывая этотъ послѣдній, *сполна превращается въ спиртъ*, который остается только подвергнуть очищенію, между тѣмъ какъ очищеніе безъ предварительной электрохимической обработки не дало бы желаемаго результата.

Электролизомъ оказалось возможнымъ пользоваться также и для быстраго *бѣленія тканей*. Въ этомъ процессѣ повидимому утилизируется обратное предъидущему явленіе, именно окисленіе.

Очистка (аффинировка) металловъ путемъ электролиза представляетъ то преимущество, что здѣсь могутъ быть получены въ видѣ нерастворимаго осадка самые малѣйшіе слѣды цѣнныхъ металловъ (золота, серебра). Способъ очистки—общій для всѣхъ металловъ. Разлагаютъ извѣстную соль даннаго металла, употребляя нечистый металлъ въ качествѣ анода; тогда чистый металлъ осаждается на катодѣ, между тѣмъ какъ посторонній примѣси (и среди нихъ золото и серебро) падаютъ на дно ванны въ видѣ грязи, которую легко собрать. Въ этихъ случаяхъ важно работать съ токами опредѣленной плотности *); поэтому при очисткѣ мѣди электролизу подвергаютъ мѣдный купоросъ между двумя мѣдными электродами **); по окончаніи операціи осаждаемая мѣдь подвергается плавленію. При аффинировкѣ свинца разлагаютъ растворъ сѣрносвинцовой соли въ уксуснонатровой соли, устраивая при этомъ такъ, чтобы отлагающійся свинецъ мѣрно падалъ на дно ванны, гдѣ его собираютъ. Наконецъ, при выдѣленіи золота изъ сплава его съ серебромъ, въ качествѣ анода употребляютъ мѣдь, электролитомъ служитъ мѣдный купоросъ, а катодами—мѣдныя пластинки; серебро и мѣдь растворяются, а золото падаетъ на дно ванны. Для болѣе легкаго собиранія послѣдняго, анодъ помѣщаютъ въ пористый сосудъ, содержащій разведенную сѣрную кислоту и погруженый въ ванну. Сходнымъ путемъ можно отдѣлить олово, покрывающее старые жестяные предметы.

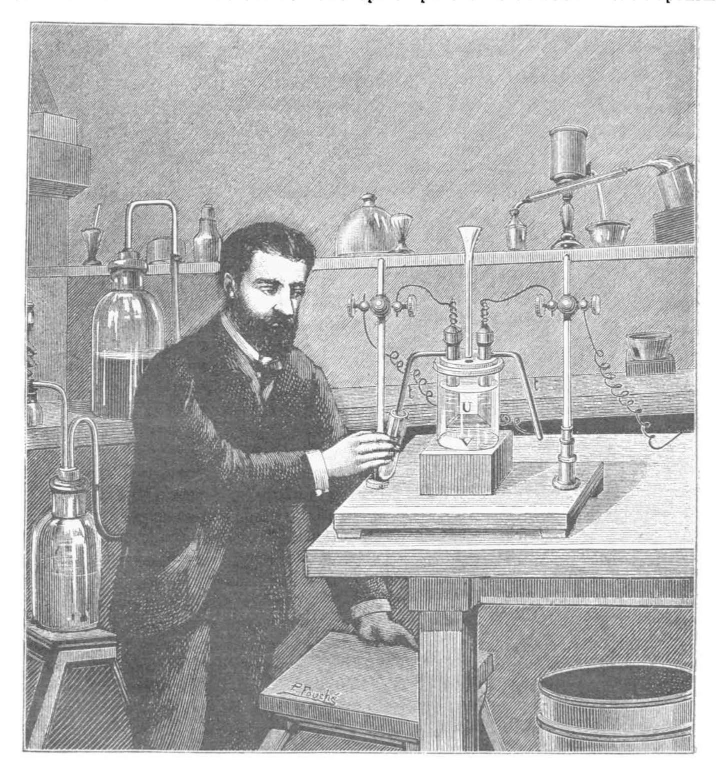
Разлагающими свойствами тока пользуются въ настоящее время и для полученія нѣкоторыхъ химическихъ простыхъ тѣлъ изъ ихъ соединеній. Такъ, въ 1886 г. профессоръ химіи въ высшей фармацевтической школѣ Муассанъ подвергнулъ электролизу безводную фтористоводородную (плавиковую) кислоту, получаемую по способу Фреми, сообщивъ ей проводимость прибавленіемъ небольшаго количества фторогидрата безводнаго же фтористаго кальція. При этомъ на катодѣ выдѣлялся водородъ, а на анодѣ—фторъ. Плавиковая кислота помѣщается въ U-образную платиновую трубку (*фиг.* 279), каждое колѣно которой снабжено боковой трубкою *t*, назначенной для собиранія газовъ; сверху каждое колѣно закрывается пробкою изъ фтористаго кальція (*фиг.* 280), сквозь которую проходитъ стержень изъ иридистой платины (10 частей платины на 10 ч. иридія), служащій электродомъ. Главная трубка помѣщается въ сосудѣ V, въ которомъ производятъ испареніе хлористаго метила, чѣмъ устанавливается температура около 20° ниже нуля. Такимъ способомъ Муассану удалось получить выдѣленіе водорода, съ

*) Плотность тока есть отношеніе силы даннаго тока къ площади электрода.

**) Сила тока не должна превышать 1 ампера на 1 кв. дециметръ площади катода. „Амперомъ" называется практическая единица силы тока.

примѣсью плавиковой кислоты на катодѣ и рядомъ съ этимъ выдѣленіе фтора на анодѣ. При этомъ электролизѣ надо стараться, чтобы уровень жидкости въ трубкѣ не опускался до горизонтальной вѣтви трубки, иначе произойдетъ возсоединеніе элементовъ фтористоводородной кислоты со взрывомъ. Для описаннаго разложенія достаточно батареи въ 20 Бунзеновыхъ элементовъ.

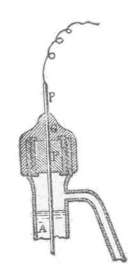
Путемъ электролиза получается теперь въ значительномъ количествѣ еще другое простое тѣло, именно *алюминій*. Полученіе этого металла электролитическимъ способомъ непосредственно изъ его рудъ служило предметомъ многочисленныхъ изслѣдованій, въ виду большой дороговизны добыванія его обыкновенными химическими способами. Не говоря о приготовленіи алюминіевой бронзы



Фиг. 279.—Электролизъ фтористоводородной кислоты (HF).
Муассанъ подвергаетъ дѣйствію отдѣляющагося фтора вещество, помѣщенное въ пробиркѣ.

при помощи Вольтовой дуги, дѣйствіемъ тока на смѣсь мѣди, корунда (глинозема) и угля (тутъ важны не столько химическія, сколько тепловыя дѣйствія тока), въ промышленности существуютъ два весьма различныхъ способа полученія алюминія. Способъ Миné состоитъ въ электролизѣ кріолита (минералъ, содержащій фтористый алюминій съ фтористымъ натріемъ), поддерживаемаго въ расплавленномъ состояніи. Названный минералъ особенно пригоденъ для этой

цѣли въ виду того, что легко получается искусственно и имѣетъ не особенно высокую температуру плавленія. Операція производится въ желѣзной ваннѣ, на днѣ которой помѣщается большая угольная чашка, въ которой находится опредѣленная смѣсь кріолита съ хлористымъ натріемъ, поддерживаемая въ расплавленномъ состояніи. Во избѣжаніе дѣйствія продуктовъ разложенія на стѣнки ванны, эту послѣднюю помѣщаютъ въ отвѣтвленіе отъ отрицательнаго электрода. Для правильности электролиза необходимо, чтобы количества жидкости и алюминія въ ваннѣ оставались постоянными; выполненіе послѣдняго условія достигается прибавленіемъ время отъ времени въ ванну фтористаго алюминія. Продукты разложенія, отдѣляющіеся на анодѣ, собираются въ бокситъ *) и такимъ образомъ возвращаютъ $^6/_{10}$ разложеннаго электролита **)



Фиг. 280.—Подробный рисунокъ пробки въ аппаратѣ для полученія фтора.

A—разлагаемая жидкость. F — пробка изъ фтористаго кальція. PA—электродъ изъ иридистой платины. G—платиновая обложка.

По способу Геру, нашедшему себѣ примѣненіе на спеціально построенномъ большомъ заводѣ въ Форжѣ, алюминій получается прямымъ электролизомъ глинозема, весьма распространеннаго въ природѣ въ видѣ различныхъ минераловъ. Разъ реакція началась, глиноземъ поддерживается въ расплавленномъ состояніи уже одною теплотой, развивающейся вслѣдствіе прохожденія тока. При этомъ способѣ употребляется глиняная отражательная печь, чрезъ подъ которой проходитъ коксовая пластина, служащая катодомъ; положительнымъ электродомъ служитъ пропущенный чрезъ крышку въ сводѣ печи угольный цилиндръ; та же крышка снабжена отверстіемъ для выхода отдѣляющагося газа. Подъ у печи нѣсколько наклоненъ и имѣетъ отверстіе, закрываемое во время операціи глиняной затычкой и назначенное для стока расплавленнаго металла. Приладивъ электроды, въ аппаратъ кладутъ чистый глиноземъ, приготовленный путемъ обработки боксита, и для начала реакціи прибавляютъ нѣкоторое количество расплавленнаго кріолита; начинается выдѣленіе алюминія, глиноземъ плавится, и правильный ходъ дальнѣйшаго разложенія уже обезпеченъ. На анодѣ, отъ дѣйствія на него выдѣляющагося на немъ кислорода, развивается окись углерода. Въ тѣхъ случаяхъ, когда требуется приготовить сплавъ, наприм., алюминіеву бронзу, на днѣ тигля предварительно осаждаютъ другой сплавляемый металлъ ***).

Къ числу важнѣйшихъ примѣненій электролиза принадлежитъ также покрытіе предметовъ слоемъ металла, болѣе цѣннаго и менѣе портящагося, нежели тотъ металлъ, изъ котораго предметъ сдѣланъ, для предохраненія послѣдняго отъ порчи или въ видахъ украшенія его. Сюда же относится и копированіе различныхъ предметовъ—статуэтокъ, типографскихъ клише и проч.—путемъ осажденія металла на соотвѣтствующія формы (*фиг.* 281). То и другое составляетъ предметъ *гальванопластики* — искусства, которое, повидимому, было извѣстно еще египтянамъ. Металлическій слой, покрывающій поверхность глиняныхъ чашъ, найденныхъ въ развалинахъ Ѳивъ и Мемфиса, нигдѣ не обнаруживаетъ ни малѣйшаго слѣда припоя или вообще ручной работы; по своему кристаллическому однородному составу этотъ металлическій слой совершенно похожъ на современныя *гальванопластическія* издѣлія. Обиліе въ Африкѣ сѣрнистыхъ рудъ мѣди, дающихъ мѣдный купоросъ, въ который достаточно погрузить на нѣсколько времени желѣзный предметъ для того, чтобъ онъ покрылся мѣдью, быть можетъ, навело египтянъ на

*) Минералъ, состоящій изъ гидрата (водной окиси) глинозема и окиси желѣза.

**) Для указанной электролитической реакціи требуется электродвижущая сила 4 вольтъ.

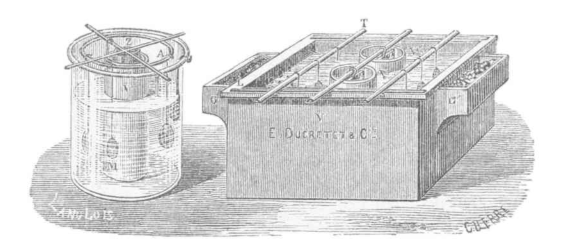
***) На заводѣ работаютъ двѣ динамо-машины съ постояннымъ токомъ и независимымъ возбудителемъ, дающія каждая 6000 амперовъ, причемъ каждый амперъ въ часъ осаждаетъ 16 граммовъ металла.

путь къ этому открытію. Но какъ-бы то ни было, введеніе *гальванопластики* въ промышленность относится къ сравнительно недавнему времени, именно къ 1837 году. Уже Вольта замѣтилъ, что при пропусканіи тока отъ изобрѣтеннаго имъ столба чрезъ соляной растворъ, на отрицательномъ электродѣ осаждается металлъ, а ученикъ Вольты, профессоръ физики въ Павіи, Бруньятелли, получилъ посредствомъ тока слѣды позолоты на серебряныхъ медаляхъ. Но честь настоящаго открытія гальванопластики принадлежитъ профессору дерптскаго университета, Якоби. Разсматривая элементъ Даніэля, названный ученый замѣтилъ на свернутомъ въ трубку мѣдномъ листкѣ, погруженномъ въ растворъ мѣднаго купороса и представлявшемъ отрицательный полюсъ элемента, тоненькую мѣдную пластиночку. Отдѣливъ ее, онъ увидѣлъ, что внутренняя ея поверхность до мельчайшихъ подробностей повторяетъ форму прилегавшей къ ней внѣшней поверхности мѣднаго цилиндра. Это-то наблюденіе и послужило Якоби изсходнымъ пунктомъ для его знаменитаго открытія. Другое, также случайное, наблюденіе позволило ему воспользоваться въ качествѣ гальванопластической формы непроводящимъ матеріаломъ. Употребивъ для нѣсколькихъ элементовъ Даніэля сосуды изъ пористой глины, на которыхъ была сдѣлана мѣтка чернымъ карандашомъ (графитомъ), онъ замѣтилъ, что мѣста, соотвѣтствующія мѣткамъ, покрылись слоемъ мѣди. Отсюда необходимо было заключить, что форму изъ непроводящаго вещества можно сдѣлать проводящею, если покрыть ее слоемъ графита.



Фиг. 281. — Гальванопластическая форма.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда нужно покрыть поверхность металлическаго предмета слоемъ какого-нибудь другого металла, для всѣхъ осаждаемыхъ металловъ собственно пріемъ одинъ и тотъ же; мѣняется только составъ электролитической ванны въ зависимости отъ осаждаемаго металла и рода издѣлій. Для того, чтобы металлъ хорошо приставалъ къ предмету, этотъ послѣдній долженъ былъ совершенно чистъ; поэтому его предварительно промываютъ въ поташѣ, затѣмъ въ водѣ, для удаленія находящихся на немъ жирныхъ веществъ, послѣ



Фиг. 282.—Гальванопластическія ванны.

чего его подвергаютъ „отравленію" разведенною сѣрной или азотной кислотой, для удаленія могущаго покрывать предметъ небольшого количества окиси. Наконецъ, предметъ тщательно прополаскивается въ водѣ, высушивается въ древесныхъ опилкахъ и въ сушильной ваннѣ. Составъ ванны, какъ сказано, бываетъ различенъ въ различныхъ случаяхъ. Покрытіе мѣдью должно производиться въ очень кисломъ растворѣ; для этой цѣли можно брать растворъ, содержащій приблизительно 825 граммовъ мѣднаго купороса на 825 сантиграммовъ 66-процентной (Бомé) сѣрной кислоты въ 10 литрахъ воды. Въ качествѣ положительнаго электрода берутъ пластинку изъ чистой мѣди, которая, растворяясь

по мѣрѣ отложенія мѣди на катодѣ, будетъ поддерживать составъ ванны постояннымъ *).

При покрываніи мѣдью чугунныхъ вещей необходимо или подвергнуть такія вещи спеціальной предварительной обработкѣ, или производить покрываніе въ растворѣ, не разъѣдающемъ желѣза. Предварительная обработка состоитъ въ томъ, что желѣзные предметы сначала погружаются въ теплое масло съ примѣсью порошка мѣди, затѣмъ высушиваются въ сушильной ваннѣ. Такимъ способомъ покрываютъ мѣдью, напр., канделябры. Для приготовленія раствора, не разъѣдающаго желѣза, берется:

дождевой воды	100000 чч.,
мѣднаго купороса	2500 „
щавелевой кислоты	5300 „
амміака	5000 чч.

Къ этому раствору время отъ времени прибавляютъ амміачнаго раствора мѣди. Въ такой ваннѣ производятъ отложеніе лишь тоненькаго слоя мѣди, дальнѣйшее же покрываніе этимъ металломъ производится по вышеуказанному способу.

Для никкелированія употребляютъ растворъ двойной сѣрнокислой соли никкеля и аммонія, содержащаго около 800 граммовъ соли на 10 литровъ воды; въ качествѣ растворяемаго анода пользуются здѣсь никкелевой пластинкой. Для полученія хорошихъ результатовъ при этомъ процессѣ необходимо строгое соблюденіе извѣстныхъ правилъ; такъ, напр., разстояніе между электродами должно быть, по крайней мѣрѣ, 10 сантиметровъ; глубина ванны должна быть такова, чтобы никкелируемыя вещи занимали приблизительно двѣ трети ея; наконецъ, введеніе предметовъ въ ванну производится лишь тогда, когда цѣпь замкнута, причемъ каждый изъ нихъ помѣщается между двумя анодами; въ противномъ случаѣ, одна сторона предмета покроется болѣе толстымъ слоемъ, нежели другая. Цинковыя вещи могутъ быть никкелируемы лишь послѣ предварительнаго покрытія ихъ слоемъ мѣди.

При серебреніи (*фиг.* 283) и золоченіи подобные же пріемы; только предосторожностей здѣсь необходимо принимать еще болѣе. Непосредственному серебренію или золоченію могутъ быть подвергаемы лишь мѣдныя вещи; вещи же же изъ другихъ металловъ обязательно покрываются предварительно слоемъ мѣди.

Послѣ тщательнаго *отравленія* предметы погружаются въ ванну изъ сѣрнокислыхъ закиси и окиси ртути (*амальгамируются*), затѣмъ прополаскиваются и вносятся въ электрическую ванну, которую должно размѣшивать во все время операціи для полученія равномѣрнаго отложенія металла. По выходѣ изъ этой ванны вещи промываются въ синеродистомъ каліи, затѣмъ въ кипящей водѣ, просушиваются въ древесныхъ опилкахъ и полируются. Въ качествѣ растворяемаго электрода въ этихъ случаяхъ берется серебряная или золотая пластинка. Вотъ составъ ваннъ, употребляемыхъ для серебренія и золоченія:

Серебреніе.

Синеродистаго серебра	250 чч.,
синеродистаго калія	500 „
дестиллированной воды	10000 чч.

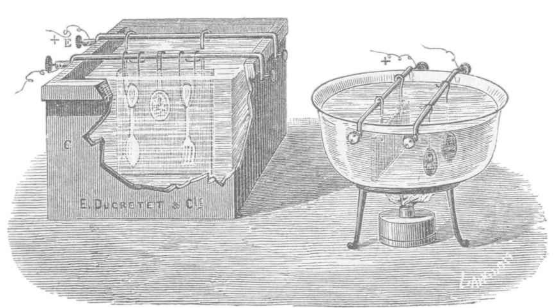
Золоченіе.

Хлористаго золота	200 чч.,
соды	2000 „
синеродистаго калія	200 „
воды	8000 чч.

Для послѣдней ванны растворяются отдѣльно хлористое золото и синеродистый калій, растворы смѣшиваются и кипятятся около получаса.

*) Плотность потребнаго для этой цѣли тока должна быть около 2 амперовъ на квадратный дециметръ площади катода.

Наконецъ, иногда требуется покрыть слоемъ желѣза типографскія формы. Для этой цѣли клише, предварительно хорошо очищенное, погружается въ ванну изъ углеамміачной соли (1 ч. соли на 6 чч. воды), причемъ анодомъ служитъ пластинка чистаго желѣза. Въ настоящее время предпочитается, впрочемъ, никкелированіе типографскихъ клише. Гальванопластическимъ путемъ получаются также металлическія копіи съ предметовъ. Для этой цѣли приготовляется форма соотвѣтствующаго предмета изъ гуттаперчи, а въ случаѣ гипсоваго предмета—изъ желатины съ примѣсью воска. Чтобы сдѣлать форму проводящею, ее покрываютъ графитомъ, съ помощью мягкой щеточки. Форма подвѣшивается въ кисломъ растворѣ сѣрномѣдной соли въ качествѣ катода, анодомъ же, какъ выше указано, служитъ мѣдная пластинка. Эта операція особенно употребительна при изготовленіи клише для воспроизведенія гравюръ, сдѣланныхъ на деревѣ или металлѣ. Когда на формѣ получается металлическій слой достаточной толщины, этотъ слой снимаютъ и на заднюю (внутреннюю) сторону его выливаютъ нѣкоторое количество типографскаго сплава, для сообщенія ему надлежащей прочности. Такимъ способомъ изготовляются клише для печатанія, наприм., почтовыхъ марокъ.

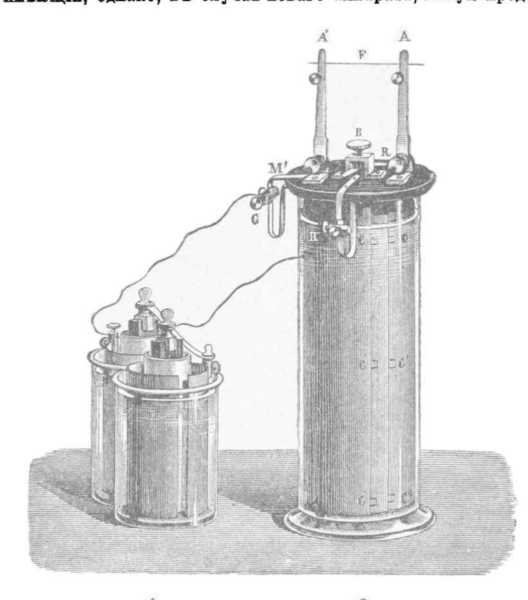


Фиг. 283.—Серебреніе столовыхъ приборовъ.

Къ числу приложеній электролиза принадлежитъ также воспроизведеніе гравюръ на цинкѣ, — операція, извѣстная подъ названіемъ *жильотажа*, по имени предложившаго ее изобрѣтателя. Названная операція состоитъ въ слѣдующемъ. Съ соотвѣтствующаго рисунка снимаютъ фотографію; по укрѣпленіи изображенія бромъ-желатинную перепонку отдѣляютъ и кладутъ на цинковую пластинку, покрытую слоемъ іудейской смолы; затѣмъ эту цинковую пластинку выставляютъ на свѣтъ. Солнечные лучи, проходя чрезъ свѣтлыя части изображенія, сообщаютъ подлежащему слою смолы нерастворимость въ соотвѣтствующихъ точкахъ. Чрезъ извѣстное время перепонка удаляется и пластинка промывается скипидаромъ, который растворяетъ смолу въ тѣхъ мѣстахъ, на которыя дѣйствовалъ свѣтъ. Затѣмъ ее подвергаютъ дѣйствію разведенной азотной кислоты; послѣдняя щадитъ нерастворимыя мѣста, растворяя всѣ остальныя части поверхностнаго слоя цинка. Такимъ образомъ части, на которыхъ смола сохранилась, составляютъ рельефную копію рисунка,—клише, съ котораго печатаются оттиски типографскими чернилами.

Во всѣхъ приложеніяхъ электролиза къ промышленности, въ качествѣ электро-производителей (генераторовъ) пользуются въ настоящее время динамомашинами съ прямымъ (непрерывнымъ) токомъ, которыя въ крупныхъ заводахъ приводятся въ дѣйствіе паровыми, а въ небольшихъ мастерскихъ—газовыми двигателями. Въ рѣдкихъ случаяхъ употребляютъ еще гальваническія батареи, которыми почти исключительно пользовались въ прежнее время. Зато довольно часто работаютъ съ *аккумуляторами*, которые заряжаются помощью машинъ въ теченіе дня, а ночью съ замѣчательной правильностью доставляютъ требующійся токъ. Устройство *аккумуляторовъ* основано на утилизаціи вторичнаго тока; вышеописанная

газовая батарея Гро́ва можетъ быть разсматриваема какъ наипростѣйшій изъ такихъ аккумуляторовъ. Тотъ видъ, который аккумуляторы сохраняютъ еще въ настоящее время, данъ этимъ аппаратамъ Планте́ и Фо́ромъ. Двѣ свинцовыя пластинки, раздѣленныя одна отъ другой каучуковыми лентами, свертываются въ цилиндръ и соединяются каждая съ однимъ изъ полюсовъ какого-нибудь электро-производителя, наприм., обыкновенной гальванической батареи. Этотъ цилиндръ, представляющій большую электро-производительную поверхность при небольшомъ объемѣ, помѣщается въ сосудъ съ 10% сѣрной кислотой (*фиг.* 284). При прохожденіи тока на отрицательной пластинкѣ выдѣляется водородъ, а на положительной, подъ вліяніемъ освобождающагося здѣсь кислорода, образуется перекись свинца. Перервавъ токъ, получимъ довольно сильный вторичный токъ, имѣющій, однако, въ случаѣ новаго аппарата, малую продолжительность, вслѣдствіе того, что образовавшійся слой перекиси свинца имѣетъ еще незначительную толщину. Когда, по прошествіи достаточно долгаго времени, свинцовыя пластинки аккумулятора дѣлаются ноздреватыми, пористыми, пріобрѣтая такимъ образомъ способность поглощать огромныя количества газовъ, вторичный токъ, являющійся результатомъ разряженія аккумулятора, становится весьма продолжительнымъ и является замѣчательно постояннымъ до конца. Во избѣжаніе такой большой траты времени на подготовку аккумуляторовъ, Планте́ погружаетъ пластинки на день въ азотную кислоту, затѣмъ заряжаетъ



Фиг. 284.—Аккумуляторъ.
1 — заряжающая батарея. 2 — стеклянный сосудъ со свернутыми въ цилиндръ свинцовыми листами.

ихъ путемъ электролиза; это повторяется подрядъ восемь разъ, послѣ чего аккумуляторъ оказывается способнымъ къ надлежащему дѣйствію. Съ тою же цѣлью Форъ покрываетъ пластинки уже готовымъ слоемъ прекиси свинца вмѣсто того, чтобы дожидаться образованія такого слоя изъ вещества самой пластинки. Кромѣ того, въ интересахъ уменьшенія вѣса аппарата, онъ вмѣсто пластинокъ беретъ зерна свинца, покрытыя смѣсью окиси свинца и сурика, представляющею изъ себя мягкую и въ то же время достаточно пористую массу. Снарядъ всегда состоитъ изъ нечетнаго числа пластинокъ, причемъ обѣ крайнія отрицательны. Между каждыми двумя пластинками закладывается каучуковая полоса. Заряженіе аккумуляторовъ производится или гальванической батареей, или динамо-машиной съ прямымъ токомъ. Они удобно переносятся въ

то мѣсто, гдѣ желаютъ ихъ утилизировать, расположенные въ параллельныя или послѣдовательныя батареи соотвѣтствующей величины.

Мы вскорѣ познакомимся съ многочисленными приложеніями аккумуляторовъ въ дѣлѣ электрическаго освѣщенія, а также въ устройствѣ тянущихъ аппаратовъ и снарядовъ для передвиженія поѣздовъ.

Сначала повторимъ въ нѣсколькихъ словахъ важнѣйшее изъ сказаннаго о занимающемъ насъ предметѣ до сихъ поръ. Прежде всего замѣтимъ, что *генераторы* (производители) электрической энергіи могутъ быть весьма разнообразны. Въ электрическихъ машинахъ *съ треніемъ* или *съ вліяніемъ* электрическая энергія доставляется полюсамъ машины механической работой, затрачиваемой на вращеніе подвижныхъ круговъ; въ гальваническихъ элементахъ эта энергія является результатомъ совершающихся здѣсь *химическихъ реакцій*. Мы видѣли, что электрическую энергію можно собирать, сохранять, запасать или въ *конденсаторахъ* или въ *аккумуляторахъ*; тѣ и другіе снаряды иногда называютъ *трансформаторами* (превращающими снарядами), на томъ основаніи, что путемъ надлежащаго ихъ соединенія можно измѣнять свойства доставляемой ими электрической энергіи Замѣчательнымъ трансформаторомъ является *индукціонная катушка*; только для дѣйствія ея требуется непрерывное дѣйствіе извѣстнаго числа гальваническихъ элементовъ: въ то время, какъ обыкновенная послѣдовательная батарея въ шесть Бунзеновыхъ элементовъ даетъ совершенно ничтожныя искры, не могущія пробить даже самой тонкой стеклянной пластинки, тѣ же шесть элементовъ, введенные въ первичную цѣпь большой катушки, доставляютъ безпрерывный рядъ такихъ сильныхъ искръ, которыя легко пробиваютъ толстыя стеклянныя пластинки, помѣщенныя на пути искры, между полюсами катушки.

Эти любопытныя и во многихъ случаяхъ полезныя дѣйствія тока (вспомнимъ важную роль катушки въ телефонѣ) имѣютъ, однако-же, небольшое значеніе для индустріи, гдѣ важна *передача* энергіи на разстояніе. Тутъ задача уже не въ пробиваніи изоляторовъ, не въ перемѣщеніи чрезвычайно легкихъ тѣлъ („голубь Архиты", „пляска человѣчковъ"), тутъ приводятся въ движеніе уже не миніатюрныя электрическія „мельницы" или „колеса", а части нашихъ различныхъ машинъ,—иногда, правда, нѣжныя и легкія, но въ большинствѣ случаевъ весьма тяжелыя. Притомъ въ практикѣ дѣло не ограничивается подниманіемъ, чрезъ правильные промежутки времени, какого-нибудь молота, наприм., тутъ не только приводятся въ дѣйствія орудія того или другого производства, работающія въ опредѣленномъ мѣстѣ, но требуются также способы двигать помощью электрической энергіи желѣзнодорожные поѣзда и преодолѣвать силу противнаго вѣтра, препятствующаго движенію кораблей и воздушныхъ шаровъ.

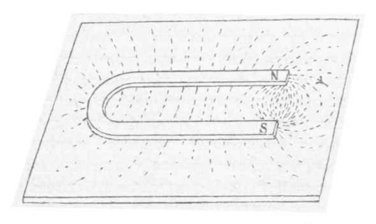
Въ интересахъ экономіи и удобства стараются обходиться безъ посредства пара,—пользуются для вышеуказанныхъ цѣлей непосредственно механической энергіей, разлитой въ природѣ въ такомъ изобиліи. Хотя помощью машинъ съ вліяніемъ, и можно, какъ намъ извѣстно, производить превращеніе механической энергіи въ электрическую и передачу этой послѣдней, но никто не думалъ о примѣненіи такихъ машинъ къ разрѣшенію интересующей насъ практической задачи: онѣ пригодны единственно для лабораторныхъ опытовъ.

Такое явленіе, какъ „образцовый городъ" (стр. 173), есть результатъ дѣйствія новыхъ машинъ, вообще называемыхъ **динамо-электрическими**. Эти сильные и оргинальные механизмы, совершенствующіеся съ каждымъ днемъ, основаны, какъ и телефонъ, относящійся къ той же категоріи изобрѣтеній,—на любопытныхъ свойствахъ магнитнаго поля,—на явленіяхъ индукціи.

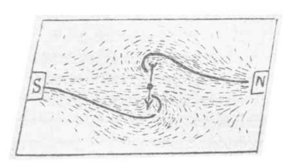
Для уясненія дѣйствія динамо-машинъ, здѣсь необходимо сдѣлать нѣсколько новыхъ замѣчаній, расширить пріобрѣтенное нами въ главѣ о телефонѣ знакомство съ магнитнымъ полемъ, производимымъ магнитами или токами. Магнитное поле, какъ намъ уже извѣстно, опредѣляется совокупностью изображающихъ его силовыхъ линій, а въ каждой точкѣ той или иной силовой линіи—величиной притяженія или отталкиванія, испытываемыхъ, наприм., сѣвернымъ полю-

сомъ помѣщеннаго здѣсь магнита. Форма силовыхъ линій въ различныхъ случаяхъ бываетъ различна; она зависитъ отъ формы магнита или цѣлой системы магнитовъ, производящихъ данное поле, а въ случаѣ поля, произведеннаго токомъ,—отъ формы проходимой этимъ токомъ цѣпи; наконецъ, въ случаѣ сочетаннаго дѣйствія магнитовъ и токовъ, распредѣленіе силовыхъ линій въ полѣ зависитъ отъ относительнаго расположенія магнитовъ и проводниковъ. Что касается направленія силовыхъ линій, то условились говорить, что онѣ идутъ изъ сѣверной области въ южную *).

Мы видѣли, какимъ образомъ существованіе этихъ силовыхъ линій обна-

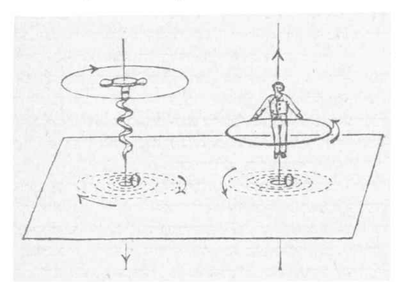


Фиг. 285.—Спектръ, соотвѣтствующій подковообразному магниту.



Фиг. 286.—Спектръ, производимый двумя перпендикулярными другъ къ другу магнитами.

руживается оріентированіемъ помѣщенныхъ въ полѣ желѣзныхъ опилокъ, пріобрѣтающихъ здѣсь свойства малыхъ магнитовъ и повинующихся лишь колебаніямъ поля. Если получающіеся при этомъ рисунки фиксировать, приклеивъ ли опилки лакомъ, или снявъ съ нихъ фотографію, то они изобразятъ данное состояніе магнитнаго поля во всѣхъ его подробностяхъ. Ниже мы увидимъ, какимъ образомъ Фарадей и Максуэлль учатъ опредѣлять дѣйствія магнитнаго поля, и въ частности величину и направленіе обнаруживаемой имъ индукціи, по характеру составляющихъ его силовыхъ линій.



Фиг. 287.—Спектръ, производимый прямолинейнымъ электрическимъ токомъ.

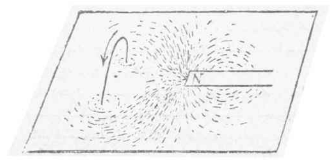
Фигура 63 (стр. 60) изображаетъ спектръ, соотвѣтствующій прямолинейному магниту; на фигурѣ 285 мы видимъ спектръ подковообразнаго магнита, а на фигурѣ 286 представленъ спектръ, полученный при помѣщеніи магнита между полюсами другого магнита, перпендикулярно къ послѣднему.

Изъ этого видно, что состояніе магнитнаго поля зависитъ отъ формы и относительно расположенія магнитовъ, производящихъ это поле, и что силовыя линіи искривляются все болѣе и болѣе по мѣрѣ увеличенія числа совмѣстно дѣйствующихъ магнитовъ. Далѣе, замѣтимъ, что чѣмъ гуще расположены силовыя линіи, тѣмъ большему притяженію и отталкиванію подвергаются соотвѣтствующіе полюсы испытующаго магнита, тѣмъ *больше сила* даннаго поля; напротивъ, если эти линіи расположены не часто, то сила поля незначительна, и, наконецъ, тамъ, гдѣ силовыхъ

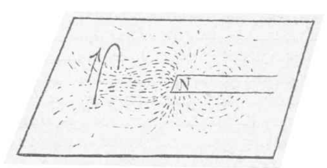
*) Для замкнутаго тока сѣверная сторона будетъ находиться слѣва отъ Амперова наблюдателя, обращеннаго лицомъ внутрь цѣпи. Такой токъ можно разсматривать какъ плоскій магнитъ, состоящій изъ стального листка, вырѣзаннаго такъ, что онъ опирается на проводникъ своимъ краемъ и сѣверная область котораго находится по лѣвую сторону тока. Такой магнитъ носитъ названіе *магнитнаго листка*.

линій нѣтъ вовсе, сила поля равна нулю. Такимъ образомъ, въ каждомъ участкѣ поля сила послѣдняго зависитъ отъ числа линій, образуемыхъ здѣсь оріентирующимися желѣзными опилками.

Выше мы видѣли, что электрическій токъ производитъ вокругъ себя магнитное поле. Посмотримъ, какимъ образомъ располагаются крупинки опилокъ въ различныхъ простыхъ случаяхъ тока. Возьмемъ сначала токъ, проходящій по прямой проволокѣ (*фиг.* 287). Пропустимъ эту проволоку чрезъ центръ 0 стеклянной пластинки или картоннаго кружка и осыплемъ пластинку или кружокъ желѣзными опилками; тогда увидимъ, что опилки располагаются по концентрическимъ круговымъ линіямъ, общій центръ которыхъ находится въ О. Направленіе силовыхъ линій зависитъ отъ направленія тока; оно таково,

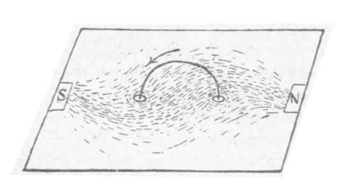


Фиг. 288.—Отталкиваніе силовыхъ линій круговымъ токомъ, обращеннымъ своею сѣверною стороною къ сѣверному полюсу магнита.

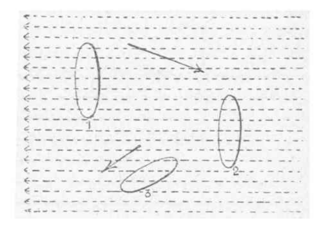


Фиг. 289.—Притяженіе силовыхъ линій круговымъ токомъ, обращеннымъ своею южною стороною къ сѣверному полюсу магнита.

что наблюдатель Ампера всѣ сѣверные полюсы желѣзныхъ крупинокъ видитъ влѣво отъ себя: это именно то направленіе, по которому токъ отклоняетъ сѣверный полюсъ. При восходящемъ токѣ силовыя линіи направляются по стрѣлкѣ правой части рисунка, при нисходящемъ—по лѣвой стрѣлкѣ. Можно также сказать, что направленіе силовыхъ линій совпадаетъ съ тѣмъ, по которому нужно вращать штопоръ, расположенный по направленію тока, для того, чтобъ онъ подвигался въ сторону движенія тока. Въ этомъ и состоитъ *правило штопора*



Фиг. 290.—Перемѣщеніе силовыхъ линій дѣйствіемъ тока, плоскость котораго параллельна линіямъ полюсовъ.



Фиг. 291.—Измѣненіе силового потока при перемѣщеніи оборота въ однородномъ магнитномъ полѣ.

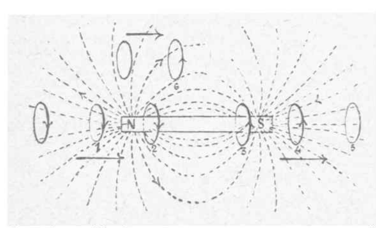
Максуэлля, устанавливающее простое соотношеніе между направленіемъ силовыхъ линій въ магнитномъ полѣ и токомъ, производящимъ данное поле.

Наичаще направленіе цѣпи — прямолинейное или по окружности. Непрерывный рядъ оборотовъ, образующихъ такъ-называемый соленоидъ, даетъ спектръ одинаковый съ прямымъ магнитомъ. Если удлинить соленоидъ, такимъ образомъ, чтобъ онъ представлялъ собою длинную катушку, то подъ вліяніемъ этой послѣдней желѣзныя опилки оріентируются или только у концовъ ея,—въ томъ случаѣ, если картонъ помѣщенъ внѣ бобины,—или въ любомъ мѣстѣ соотвѣтственно ея протяженію, если картонъ находится внутри катушки, причемъ силовыя линіи имѣютъ направленіе прямое и параллельное оси катушки, нахо-

дятся въ равныхъ разстояніяхъ одна отъ другой и дѣйствіе на магнитную стрѣлку одинаково во всѣхъ точкахъ. Такое поле, представляющее возможно наипростѣйшій случай, называется *однороднымъ полемъ*. Чѣмъ тѣснѣе расположены линіи, образуемыя опилками, тѣмъ сильнѣе притягиваются или отталкиваются полюсы испытующаго магнита, тѣмъ больше сила поля.

Случаи магнитныхъ полей, вызванныхъ совокупнымъ дѣйствіемъ магнита и тока, представлены на фигурахъ 288, 289 и 290. Первая изображаетъ поле, производимое магнитомъ N и круговымъ токомъ, идущимъ по направленію стрѣлки; вторая—то же поле при обратномъ направленіи тока; наконецъ, третья показываетъ, какъ силовыя линіи, принадлежащія магниту N—S измѣняются присутствіемъ тока: эти линіи проходятъ чрезъ плоскость тока, входя справа отъ Амперова наблюдателя, смотрящаго внутрь окружности (южная сторона), и выходятъ по лѣвую его сторону, т. е. изъ сѣверной стороны.

Ограничиваясь приведенными спектрами магнитнаго поля (такіе спектры могутъ являться въ безконечномъ числѣ формъ), остановимся на случаѣ однороднаго поля. Помѣстимъ въ этомъ полѣ одинъ оборотъ круга или спирали (*фиг.* 291). Такой оборотъ обнимаетъ нѣкоторое *число* силовыхъ линіи, называемое *силовымъ потокомъ* даннаго оборота. Этотъ потокъ больше всего въ томъ случаѣ, когда плоскость оборота какъ у оборота 1, перпендикулярна къ силовымъ линіямъ, т. е. къ *направленію* поля. Если оборотъ перемѣщается въ полѣ параллельно самому себѣ (2), то число проходящихъ сквозь него силовыхъ линій остается неизмѣннымъ; если же онъ помѣщается подъ косымъ угломъ къ линіямъ силы (3), то число это, т. е. силовой потокъ уменьшается, и тѣмъ больше, чѣмъ дальше этотъ уголъ отъ прямого; наконецъ, при положеніи оборота параллельно направленію поля соотвѣтствующій силовой потокъ равенъ нулю. Если въ данной плоскости возьмемъ 2, 3, 4 одинаковыхъ оборота, то ихъ общій силовой потокъ, естественно, будетъ вдвое, втрое, вчетверо больше, чѣмъ у одного.



Фиг. 292.—Измѣненіе силового потока при перемѣщеніи оборота въ полѣ прямолинейнаго магнита.

Въ случаѣ неоднороднаго поля потокъ измѣняется при любомъ перемѣщеніи оборота. На фигурѣ 292 видно увеличеніе потока при перемѣщеніи оборота изъ положенія 1 въ положеніе 2, и наоборотъ, уменьшеніе его при перемѣщеніи изъ 5 въ 6, и т. д.; магнитное поле производится здѣсь прямолинейнымъ магнитомъ.

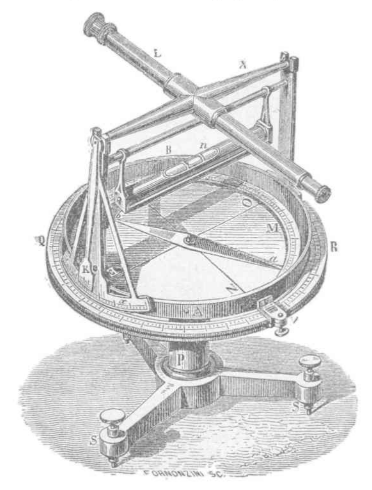
Понятіе о силовомъ потокѣ и объ измѣненіяхъ, претерпѣваемыхъ имъ при различныхъ условіяхъ, принадлежитъ къ числу основныхъ понятій въ томъ отдѣлѣ науки, который разсматриваетъ явленія индукціи и приложеніе послѣднихъ—динамо-машины, къ изученію которыхъ мы сейчасъ переходимъ.

Для осуществленія однороднаго магнитнаго поля нѣтъ необходимости прибѣгать къ построенію весьма длинной катушки. Такое поле природа даетъ намъ готовымъ: это именно *земное магнитное поле*, истинной причины котораго мы, однако, до сихъ поръ не знаемъ. Это поле представляется однороднымъ, если разсматривать его на небольшомъ протяженіи; благодаря именно ему и возможно существованіе *компаса* (буссоли), устанавливающагося всегда въ направленіи съ сѣвера на югъ. Во всякомъ мѣстѣ на земномъ шарѣ мы можемъ представить себѣ вертикальную плоскость, проходящую чрезъ небесные полюсы; эта плоскость называется астрономическимъ меридіаномъ даннаго мѣста. Солнце проходитъ чрезъ эту плоскость тогда, когда въ этомъ мѣстѣ бываетъ полдень. Если въ этой плоскости помѣстить магнитную стрѣлку, могущую двигаться около своего центра въ горизонтальной плоскости (*фиг.* 293), то она установится неподвижно

въ нѣкоторой вертикальной плоскости, называемой магнитнымъ меридіаномъ мѣста. Уголъ между астрономическимъ и магнитнымъ меридіанами даннаго мѣста называется угломъ *склоненія* въ этомъ мѣстѣ. Понятіе о магнитномъ склоненіи введено въ науку Христофоромъ Колумбомъ въ 1482 г.

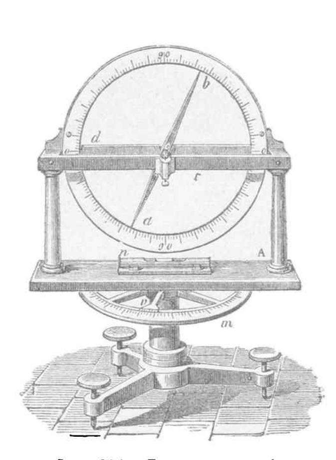
Если, наоборотъ, магнитная стрѣла подвижна около своего центра только въ плоскости магнитнаго меридіана, то она устанавливается подъ угломъ къ горизонту, называемымъ *магнитнымъ наклоненіемъ мѣста*. Въ этомъ положеніи магнитная стрѣлка строго повинуется дѣйствію силовыхъ линій земного магнитнаго поля, проходящихъ въ этомъ мѣстѣ. Вопросомъ о магнитномъ наклоненіи первый занимался Норманъ въ 1576 г.

Опредѣленіе угловъ склоненія и наклоненія въ различныхъ мѣстахъ на земномъ шарѣ и изученіе тѣлъ измѣненій, которымъ подлежатъ эти углы въ зависимости отъ тѣхъ или иныхъ условій, составляетъ одну изъ важнѣйшихъ главъ физической географіи*).





Фиг. 293.—Буссоль склоненія.



Фиг. 294.—Буссоль наклоненi

Посмотримъ теперь, какими магнитными полями пользуются въ практикѣ. Магнитныя поля машинъ, употребляемыхъ въ промышленности, производятся *электромагнитами*. Объ этихъ снарядахъ мы говорили на стр. 82 гдѣ также было указано, какъ по навивкѣ проволоки и направленію тока опредѣлить положеніе полюсовъ, образуемыхъ концами электромагнита; сказанное тамъ вполнѣ относится и къ тому случаю, когда, какъ это обыкновенно дѣлаютъ, желѣзному ядру

*) Въ парижскомъ паркѣ Сенъ-Моръ, лежащемъ на 0′9′23″ восточной долготы и 48°48′4″ сѣверной широты, 1-го января (20-го декабря) 1888 г. склоненіе было равно 15°52′1″, а наклоненіе—65°14′7″. Съ XVI столѣтія склоненіе было восточнымъ до 1886 г., когда оно сдѣлалось равнымъ нулю; съ тѣхъ поръ оно западное. Въ 1815 г. оно достигло своей наибольшей величины—22°34′; съ указаннаго времени оно все уменьшается, приблизительно на 5′4″ въ годъ, откуда слѣдуетъ, что чрезъ 200 лѣтъ склоненіе опять сдѣлается восточнымъ.

Наклоненіе въ Парижѣ было 75° въ 1871 г. Съ тѣхъ поръ оно все уменьшается.

Кромѣ правильныхъ измѣненій въ склоненіи и наклоненіи—вѣковыхъ, годичныхъ и суточныхъ—наблюдаются еще неправильныя, случайныя, называемыя магнитными бурями (пертурбаціями), которыя стоятъ въ несомнѣнной связи съ появленіемъ полярныхъ сіяній, частотой солнечныхъ пятенъ и т. д., но свѣдѣнія наши въ этой области еще весьма скудны.

электромагнита придаютъ форму подковы и среднюю его часть оставляютъ непокрытою оборотами проволоки.

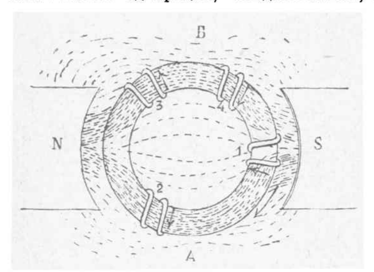
Электромагниты представляютъ многія удобства: они являются намагниченными только во время прохожденія тока, причемъ степень ихъ намагниченія можетъ быть измѣняема въ широкихъ предѣлахъ путемъ измѣненія силы дѣйствующихъ токовъ; кромѣ того, измѣняя направленіе тока, мы тѣмъ самымъ измѣняемъ и положеніе полюсовъ. Слѣдуетъ, однако-же, замѣтить,—и это будетъ намъ весьма полезно,—что временныя магнитныя свойства, сообщаемыя желѣзу токомъ, не исчезаютъ совершенно по прекращеніи тока, что̀ объясняется *неполной мягкостью* желѣза, изъ котораго дѣлаются сердечники электромагнитовъ. Такое желѣзо и по прекращеніи вліянія сохраняетъ нѣкоторую долю магнитизма, называемую *остаточнымъ магнитизмомъ*. Этотъ магнитизмъ будетъ еще больше, если



Фиг. 295.—Обыкновенно употребляемые полярные придатки для лабораторныхъ электромагнитовъ.

во время прохожденія намагничивающаго тока подвергать сердечники какимъ-либо механическимъ дѣйствіямъ: удару, колебанію, скручиванію и т. п.

Электромагнитамъ придаютъ различную форму; ихъ полярные наконечники (придатки), или такъ-называемые *полюсы*, могутъ отвинчиваться и имѣть ту или другую форму (*фиг.* 295). Въ томъ случаѣ, когда полюсы образуются двумя обращенными другъ къ другу плоскими дисками, поле въ промежуткѣ между ними почти однородно; слѣдовательно, форма поля зависитъ здѣсь отъ формы полюсовъ. Посмотримъ теперь, какъ измѣняютъ поле, внося въ него куски желѣза различной формы. Мы уже видѣли (*фиг.* 65), что линіи магнитной силы въ огромномъ числѣ подходятъ къ мягкому желѣзу и проходятъ сквозь него,—въ непосредственномъ его сосѣдствѣ силовой потокъ представляется наибольшимъ. Это выражаютъ, говоря, что мягкое желѣзо болѣе *проницаемо* для силовыхъ линій, чѣмъ вытѣсненный имъ воздухъ: эти линіи во множествѣ покидаютъ воздухъ для того, чтобъ устремиться къ мягкому желѣзу.



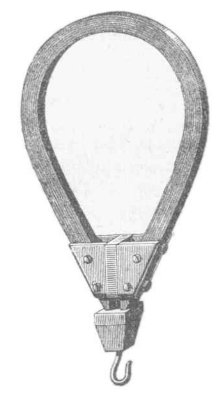
Фиг. 296. — Измѣненіе въ распредѣленіи силовыхъ линій магнита или электромагнита, происходящее при введеніи въ поле неподвижнаго кольца изъ мягкаго желѣза.—Направленіе наведенныхъ токовъ въ частяхъ проволоки 1, 2, 3, 4, при вращеніи кольца по соотвѣтствующей стрѣлкѣ

Путь, проходимый линіями магнитной силы, называется *магнитной цѣпью*; чѣмъ ихъ больше собирается въ данномъ направленіи, тѣмъ меньше магнитное *сопротивленіе* цѣпи въ этомъ направленіи.

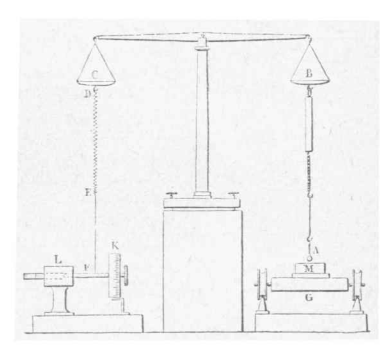
Весьма важнымъ представляется тотъ случай, когда между полюсами магнита или электромагнита помѣщается *кольцо* изъ мягкаго желѣза (*фиг.* 296). Здѣсь силовыя линіи раздѣляются на двѣ главныя части: одна часть проходитъ чрезъ верхнюю половину кольца, другая—чрезъ нижнюю, въ пространствѣ же, ограниченномъ кольцомъ, проходитъ лишь ничтожное количество линій; наконецъ, еще одна группа силовыхъ линій идетъ отъ сѣвернаго полюса къ южному въ пространствѣ, окружающемъ желѣзное кольцо. Итакъ, силовыя линіи *укло-*

няются главнымъ образомъ въ обѣ половины кольца. Мы знаемъ (стр. 61), что часть поверхности кольца, въ которую входятъ силовыя линіи, образуетъ южную область, а часть выхода этихъ линій изъ кольца—сѣверную. Промежуточное пространство между наконечниками магнита и кольцомъ обыкновенно бываетъ наполнено воздухомъ; чѣмъ меньше это пространство, тѣмъ многочисленнѣе силовыя линіи, идущія въ кольцо. Кусокъ желѣза, помѣщенный, подобно нашему кольцу, въ магнитномъ полѣ, часто называютъ *якоремъ* (арматурою).

Что случится, если приложить такой якорь къ полюсамъ магнита, имѣющаго, напр., подковообразную форму? (*фиг.* 297). Почти всѣ силовыя линіи будутъ



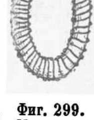
Фиг. 297.—Подковообразный магнитъ съ якоремъ. При замкнутой магнитной цѣпи сила магнита сохраняется долгое время.



Фиг. 298.—Вѣсы Жамена для опредѣленія подъемной силы въ разныхъ точкахъ магнита G.

проходить—отъ одного полюса къ другому—сквозь якорь, слѣдуя направленію цѣпи, образуемый магнитомъ и якоремъ.

Дѣйствіе такой системы на магнитную стрѣлку, помѣщенную вблизи, было бы равно нулю, еслибы въ воздухъ не проникало ни одной силовой линіи. Силовыя линіи дѣйствуютъ на подобіе настоящихъ цѣпей, удерживающихъ якорь въ плотномъ соприкосновеніи съ полюсами магнита, и опытъ показываетъ, что нарушить это соприкосновеніе—оторвать якорь отъ магнита—удается лишь помощью соотвѣтствующаго груза, — нерѣдко весьма значительнаго,— привѣшеннаго къ крючку у якоря. Тотъ грузъ, который необходимъ для того, чтобы произошелъ отрывъ, опредѣляетъ *подъемную силу* магнита; эту силу можно значительно увеличить, постепенно увеличивая выдерживаемый имъ грузъ; такое постепенное увеличеніе груза извѣстно подъ названіемъ *питанія* магнита. На фигурѣ 298 изображены вѣсы, помощью которыхъ опредѣляютъ, какимъ образомъ мѣняется величина подъемной силы магнита въ различныхъ точкахъ его поверхности, чтò служитъ указаніемъ на картину распредѣленія силовыхъ линій на протяженіи магнита.

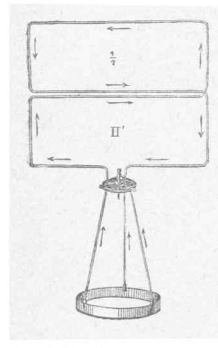


Фиг. 299. Магнитное кольцо.

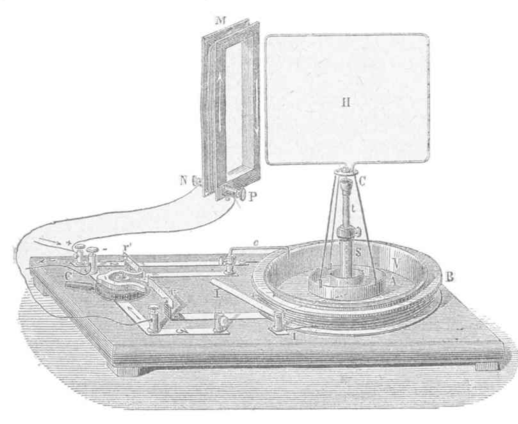
Если мы намагнитимъ стальное кольцо, обвивъ его спиральными оборотами проволоки, по которой проходитъ токъ (*фиг.* 299), то такое кольцо не будетъ оказывать никакого дѣйствія на помѣщенную вблизи его магнитную стрѣлку; а между тѣмъ это кольцо несомнѣнно будетъ намагничено, чтó видно изъ того, что, если разрѣзать его на части, то каждая часть будетъ обладать свойствами настоящаго магнита. Индифферентное же отно-

шеніе цѣльнаго кольца къ магнитной стрѣлкѣ объясняется тѣмъ, что въ пространство. окружающее кольцо, силовыя линіи намагничивающей спирали не проникаютъ, будучи всѣ сполна связаны кольцомъ.

До сихъ мы изучали, съ помощью желѣзныхъ опилокъ, только тѣ случаи, въ которыхъ магниты и токи были неподвижны; точно также и арматуры, которыя вносились въ то или другое поле для наблюденія производимыхъ ими измѣненій въ полѣ, мы представляли себѣ неподвижными. Теперь разсмотримъ тѣ системы, въ которыхъ тѣ или другія части могутъ свободно двигаться. Въ подобныхъ случаяхъ магниты или токи, повинуясь дѣйствію силовыхъ линій, принимаютъ движеніе, соотвѣтствующее расположенію системы, — поступательное, вращательное или иное. Если устроимъ такъ, чтобы движеніе совершалось автоматически и безпрерывно, то этимъ самымъ мы осуществимъ *электрическій двигатель*. Опытомъ установленъ рядъ правилъ, руководствуясь которыми можно познакомиться съ характеромъ интересующаго насъ движенія изъ нѣсколькихъ простыхъ случаевъ. Мы уже знаемъ законъ, выражающій направленіе взаимнаго дѣйствія магнитовъ и токовъ, а также наэлектризованныхъ тѣлъ; мы знаемъ, во-первыхъ, что *одноименныя области отталкиваются, а разноименныя — притягиваются*, и, во-вторыхъ, что *лѣвая сторона тока образуетъ сѣверный магнитный полюсъ*. Слѣдовательно, для сообщенія магнитной стрѣлкѣ безпрерывнаго движенія нужно только, чтобъ автоматически измѣнялось направленіе дѣйствующаго на нее тока. Если замкнутый проводникъ (рамка) можетъ двигаться около оси, перпендикулярной къ линіямъ силы даннаго поля, то онъ приметъ такое положеніе, что его лѣвая, т.-е. *сѣверная сторона*, будетъ обращена туда, куда направляются силовыя линіи, — потокъ, проникающій сквозь проводникъ, будетъ представлять максимумъ своей силы. Слѣдовательно, чтобы получить такую рамку, на которую поле не дѣйствуетъ, или, какъ говорятъ, *астатичную*, нужно составить ее изъ двухъ равныхъ частей (*фиг.* 300), обращенныхъ своими лѣвыми областями въ противоположныя стороны.



Фиг. 300.—Астатическая рамка.

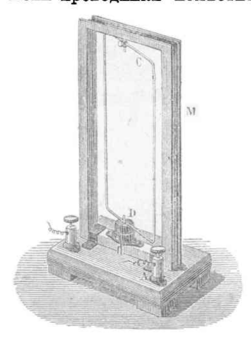


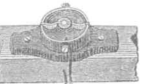
Фиг. 301.—Станокъ Ампера.

При помощи такъ-называемаго Амперова станка (*фиг.* 301) легко уяснить себѣ взаимодѣйствіе токовъ. Если чрезъ параллельныя одна другой рамки M и H будемъ пропускать токи одного направленія, то получимъ приближеніе подвижной рамки H къ неподвижной, откуда слѣдуетъ, что *два параллельные тока*

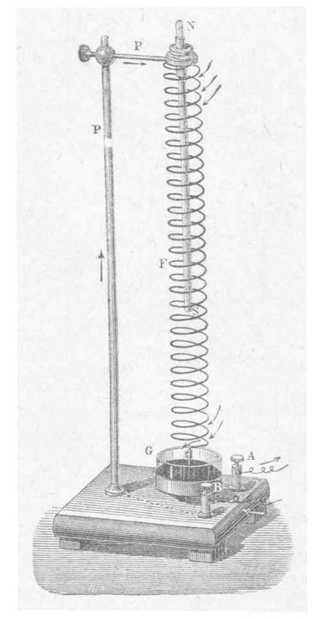
одного направленія взаимно притягиваются. Измѣнивъ, помощью коммутатора C, направленіе тока въ одной изъ рамокъ, получимъ отталкиваніе рамки H; изъ этого видно, что *два параллельные тока, направленные въ противоположные стороны, взаимно отталкиваются.*

Если проводники помѣстить подъ угломъ другъ къ другу, то убѣдимся,





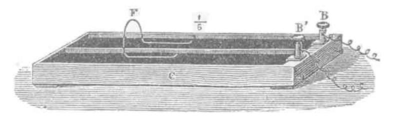
Фиг. 302.—Двигатель Э. Вйня.



Фиг. 303. — Притяженіе другъ къ другу сосѣднихъ оборотовъ, пробѣгаемыхъ однимъ и тѣмъ же токомъ.

что *два угловыхъ тока притягиваются въ томъ случаѣ, если оба они приближаются или удаляются отъ вершины образуемаго ими остраго угла,* и что эти токи, наоборотъ, *отталкиваются въ томъ случаѣ, если одинъ приближается, а другой въ то же время удаляется отъ сказанной вершины.*

На приведенномъ законѣ основано устройство придуманнаго Э. Винемъ небольшого электродвигателя. Внутри рамки M (*фиг.* 302) помѣщается рамка C, могущая двигаться около вертикальной оси. Непрерывное движеніе здѣсь достигается благодаря тому, что сама вращающаяся рамка C, посредствомъ приспособленнаго къ ней коммутатора, измѣняетъ направленіе тока при каждомъ оборотѣ. Этотъ коммутаторъ изображенъ и отдѣльно на фигурѣ 302, подъ электродвигателемъ. — Роже́ демонстрируетъ взаимное притяженіе параллельныхъ оборотовъ помощью прибора, представленнаго на фигурѣ 303. Вслѣдствіе притяженія оборотовъ другъ къ другу, при прохожденіи по нимъ тока, вся спираль укорачивается, благодаря чему нижній конецъ ея перестаетъ касаться ртути, содержащейся въ чашкѣ G; но тогда токъ прерывается, спираль удлиняется и вновь начинаетъ касаться ртути, благодаря чему прохожденіе тока возобновляется; такимъ образомъ колебательное движеніе спирали можетъ совершаться неопредѣленно долгое время.

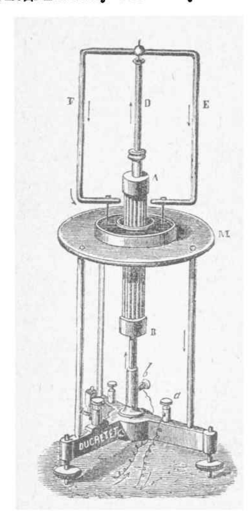


Фиг. 304.—Перемѣщеніе части F проводника, могущей свободно двигаться по ртути.

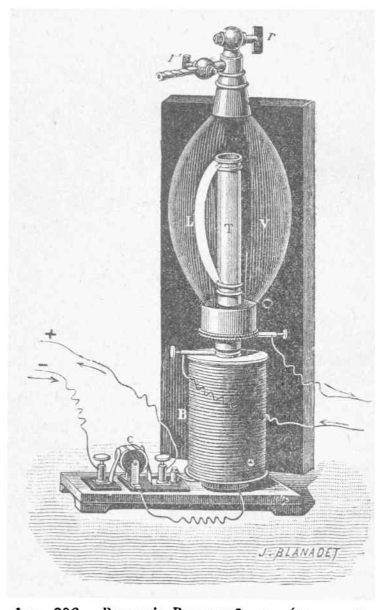
Если въ гальваническую цѣпь BFB′ ввести поплавокъ, лежащій на ртути въ двухъ желобкахъ, на которые раздѣлена чашка C, то поплавокъ F станетъ удаляться, такъ что протяженіе цѣпи увеличится (*фиг.* 304).

Въ то время, когда явленія электромагнитизма и электродинамики еще только входили въ науку, опыты вращенія токовъ магнитами или магнитовъ токами производились въ большомъ множествѣ. Изъ такихъ опытовъ мы приведемъ лишь нѣкоторые.

Помощью прибора, изображеннаго на фигурѣ 305, легко показать безпрерывное вращеніе токовъ E и F вліяніемъ полюса A магнита. Токъ входитъ по неподвижному столбику D и направляется частью въ проводникъ E и частью въ



Фиг. 305.—Вращеніе тока дѣйствіемъ полюса A магнита.



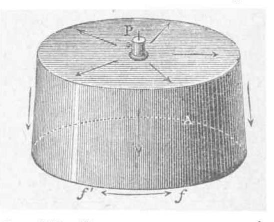
Фиг. 306.—Вращеніе Вольтовой дуги (отъ индукціонной катушки) въ магнитномъ полѣ.

проводникъ F. Согласно правилу Ампера, токъ E стремится привести полюсъ A кзади отъ плоскости фигуры, а токъ F—кпереди; обратно—полюсъ A стремится подвинуть токъ E кпереди, а токъ F кзади отъ той же плоскости; отсюда—безпрерывное вращательное движеніе проволоки EF вокругъ оси D. Опорой для подвижной рамки EF служитъ ртуть, наполняющая чашечку въ верхней части столбика D, въ которую погружено верхнее остріе рамки. Опытъ удается такъ же хорошо, если проводникъ EF замѣнить мѣднымъ цилиндромъ AP (*фиг.* 307).

Еще болѣе нагляднымъ можно сдѣлать этотъ опытъ, заставляя вращаться вокругъ полюса T Вольтову дугу, полученную помощью индукціонной катушки; такое движеніе, осуществляемое при помощи прибора, представленнаго на фигурѣ 306, точно также подчиняется правилу Ампера. То же происходитъ и въ случаѣ вращенія жидкаго проводника, наприм., ртути или жидкости, способной подвергаться электролизу. На фигурѣ 308 представленъ соотвѣтствующей этому случаю снарядъ. Въ чашу *e*, поставленную на электромагнитѣ H и наполненную подкисленной водой, помѣщены поплавки *f* и *f′*. При прохожденіи тока чрезъ жидкость, эта послѣдняя приходитъ во вращательное движеніе, увлекая за собой

и поплавки, вправо отъ наблюдателя Ампера. Этотъ опытъ, только съ ртутью въ качествѣ подвижного проводника, произвелъ впервые Деви.

Нетрудно заставить вращаться и магнитъ подъ вліяніемъ электрическаго тока. Въ трубку, наполненную ртутью, погружаютъ магнитъ, къ которому, съ цѣлью сдѣлать его способнымъ плавать въ ртути вертикально, приданъ платиновый грузъ; въ верхней части магнита сдѣлано углубленіе, также наполненное ртутью. Токъ входитъ въ это углубленіе чрезъ металлическій стержень, спускается по магниту до поверхности ртути и выходитъ чрезъ металлическое кольцо. Во время прохожденія тока магнитъ вращается около своей собственной вертикальной оси, продолженіемъ которой служитъ вышеупомянутый стержень. Тотъ же опытъ вращенія магнита токомъ можно сдѣлать и такъ: остріе *a* опускаютъ до уровня ртути въ трубкѣ, а магнитъ помѣщаютъ сбоку въ AP. Тогда послѣдній начинаетъ вращаться вокругъ острія *a*; здѣсь токъ входитъ чрезъ остріе *a*, идетъ по поверхности ртути и выходитъ чрезъ кольцо *b* (*фиг.* 309).

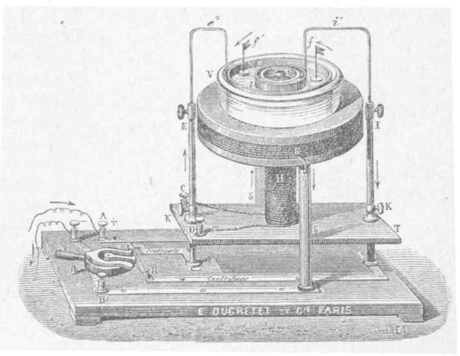


Фиг. 307.—Электромагнитное вращеніе мѣдной цилиндрической поверхности.

Опытъ показываетъ, что часть тока, помѣщенная въ магнитномъ полѣ, всегда стремится принять опредѣленное положеніе, согласно слѣдующему правилу:

Наблюдатель Ампера, помѣщающійся по направленію тока и смотрящій по направленію поля, стремится перемѣститься въ лѣвую (по отношенію къ себѣ) сторону.

Въ этомъ легко убѣдиться изъ предшествующихъ или изъ нижеслѣдующихъ опытовъ. Относящійся сюда]приборъ Липмана имѣетъ такое устройство. Наполненная ртутью U—образная трубка (*фиг.* 310), помѣщается между полюсами подковообразнаго магнита такимъ образомъ, чтобы силовыя линіи магнитнаго поля имѣли направленіе, указываемое горизонтальной стрѣлкой; токъ идетъ снизу вверхъ, по направленію, указываемому вертикальною стрѣлкою. Согласно приведенному правилу, электромагнитное дѣйствіе стремится поднять уровень ртути въ лѣвомъ колѣнѣ и понизить его въ правомъ.

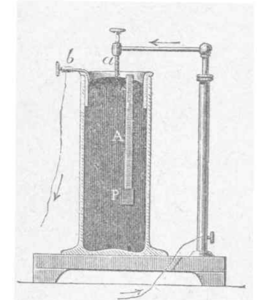


Фиг. 308.—Электромагнитное вращеніе проводящихъ жидкостей.

Ледюкъ употребляетъ этотъ снарядъ—въ миніатюрномъ видѣ и помѣщенный перпендикулярно къ направленію магнитнаго поля—въ качествѣ измѣрителя силы поля въ различныхъ точкахъ на его протяженіи, такъ какъ, чѣмъ больше, для одного и того же тока, разность уровней ртути въ обоихъ колѣнахъ, тѣмъ значительнѣе должна быть сила магнитнаго поля.

Руководствуясь тѣмъ же правиломъ, легко опредѣлить направленіе вращенія колеса у двигателя, придуманнаго Сторджономъ въ 1823 г. и извѣстнаго подъ названіемъ *колеса Барлоу*. Этотъ приборъ представленъ на фигурѣ 311. Магнитное поле и здѣсь производится подковообразнымъ магнитомъ, между вѣтвями котораго находится желобокъ со ртутью. Поверхности ртути касаются

нижніе зубцы полаго латуннаго колеса, могущаго двигаться около горизонтальной оси. Токъ вступаетъ въ ртуть, идетъ вверхъ по колесу отъ зубцовъ къ центру и выходитъ черезъ ось. Колесо при этомъ начинаетъ вращаться влѣво отъ Амперова наблюдателя, расположеннаго по радіусу колеса, по направленію тока, и смотрящаго по направленію силовыхъ линій производимаго магнитомъ поля.

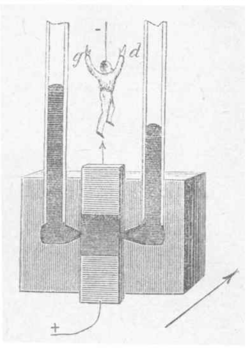


Фиг. 309.—Вращеніе токомъ магнита A, отягченнаго платиновымъ цилиндромъ.

Фарадей показалъ, что предсказать направленіе движенія, совершающагося вслѣдствіе взаимодѣйствія токовъ и магнитовъ, возможно и другимъ путемъ, именно, руководствуясь соображеніями, вытекающими изъ наблюденій магнитныхъ спектровъ.

Вотъ эти соображенія:

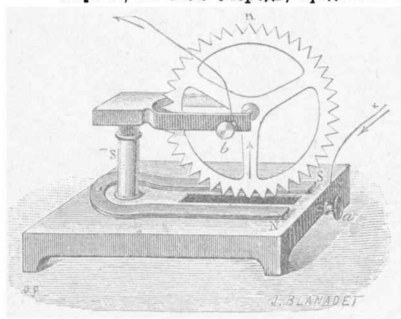
1) *Силовыя линіи, уподобляясь упругимъ нитямъ, стремятся придать токамъ и магнитамъ ихъ наименьшую длину.* (См. фигуры 286 и 290)



Фиг. 310.—Поднятіе ртути электромагнитнымъ давленіемъ.

2) *Взаимодѣйствіе двухъ магнитныхъ полей можно представить себѣ такъ, какъ еслибы двѣ силовыя линіи, направленныя въ противоположныя стороны, притягивались, а двѣ линіи одного и того же направленія отталкивались.* (См. фигуру 287).

Гауссъ, въ свою очередь, предложилъ слѣдующее правило:



Фиг. 311.—Колесо Барлоу. Электромагнитное вращеніе.

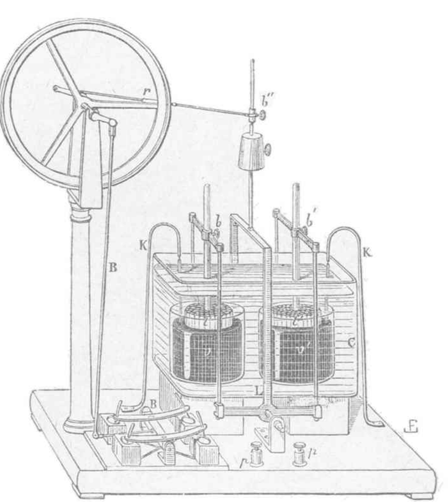
Подвижной проводникъ стремится принять такое положеніе въ магнитномъ полѣ, при которомъ онъ захватывалъ-бы какъ можно большее число силовыхъ линій *). (См. фигуры 290 и 304).

Описанные простые приборы, по своей нѣжности, хрупкости, конечно, не могутъ служить для цѣлей промышленности. Они представляютъ собою снаряды для научныхъ изслѣдованій или для учебныхъ демонстрацій. При помощи ихъ мы можемъ опредѣлить законы движенія подвижныхъ частей той или иной системы магнитовъ и токовъ, помѣщенной въ извѣстныя условія. Наоборотъ, пользуясь эти-

*) Пр. Липманъ придумалъ оригинальный электродвигатель, не основанный на свойствахъ магнитнаго поля. Этотъ приборъ состоитъ изъ стекляннаго сосуда C (*фиг.* 312), въ которомъ помѣщаются два стакана v, v', содержащіе по пакету стеклянныхъ трубочекъ l, l', открытыхъ на обоихъ концахъ и имѣющихъ два миллиметра въ діаметрѣ; эти трубочки, посредствомъ стержней, укрѣпленныхъ въ b, b', соединяются съ одной стороной рамокъ, опирающихся на концы рычага L. Въ сосуды v и v' наливаютъ ртути, а въ сосудъ C — подкисленной воды. Трубочки l и l' наполняются снизу ртутью, сверху—подкисленной водой. Ртуть въ этихъ трубочкахъ, по причинѣ малаго ихъ просвѣта, поднимается на меньшую высоту, чѣмъ на какой она стоитъ снаружи, но такъ какъ при этомъ давленіе, оказываемое ртутью на оба пакетика—l и l'—одинаково, то и давленіе, производимое соотвѣтствующими стержнями на обѣ системы трубокъ одинаково, и аппаратъ находится въ равновѣсіи; но если соединить полюсы батареи со столбиками p и p', а чрезъ это,—бла-

ми законами, возможно опредѣлить, каково должно быть устройство электрическаго двигателя, для того, чтобъ онъ могъ совершать то или иное, заранѣе опредѣляемое, соотвѣтствующее цѣли строителя, движеніе. Было сдѣлано немало попытокъ устроить хорошіе электрическіе двигатели, которые могли бы замѣнять въ практикѣ болѣе громоздкіе и менѣе чистые паровые двигатели. Исторія этихъ попытокъ начинается около 1820 г., тотчасъ вслѣдъ за достопамятными открытіями Ампера, которыми этотъ великій ученый положилъ начало электромагнитизму (взаимодѣйствіе магнитовъ и токовъ) и электродинамикѣ (дѣйствія токовъ на токи), и мы не будемъ приводить послѣдовательныхъ фазъ ея, какъ ни интересно на нихъ прослѣдить постепенное превращеніе деликатныхъ приборовъ Ампера въ рабочія машины,—а опишемъ лишь немногіе типическіе двигатели.

На основаніи притяженія и отталкиванія магнитовъ, желѣзныхъ стержней и т. п. электромагнитами были устроены такъ-называемые *качательные* электродвигатели: таковы двигатели Генри (1831 г.), Даль-Негро (1833 г.), Пэджа (1834 г.) и др. Наилучшій изъ этого рода двигателей принадлежитъ Бурбўзу. Онъ состоитъ (*фиг.* 313) изъ двухъ паръ электромагнитовъ E, E и E′, E′, у которыхъ желѣзные сердечники выполняютъ только нижнюю половину центральнаго канала катушекъ; въ эти каналы могутъ сверху входить желѣзные цилиндры, прикрѣпленные къ концамъ коромысла, которое посредствомъ шатуна и эксцентрика соединяется съ маховымъ колесомъ.



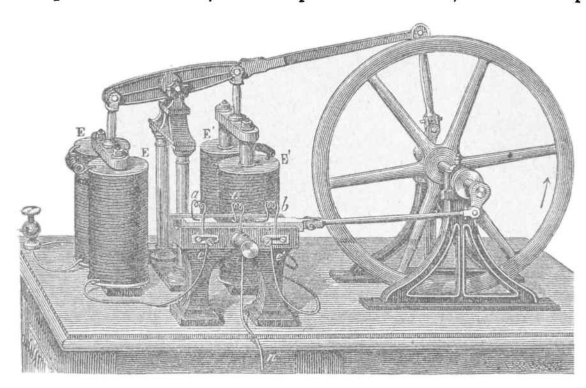
Фиг. 312.—Капиллярный электродвигатель Липмана. (Вмѣстѣ съ тѣмъ и производитель электричества).

Если токъ проходитъ въ однихъ электромагнитахъ E, E, то этими послѣдними притягиваются и входятъ въ нихъ соотвѣтствующіе цилиндры; тогда части двигателя располагаются такъ, какъ показано на фигурѣ. Если при такомъ расположеніи частей токъ прекратится въ E, E и начнетъ проходить въ E′, E′, то притянутся теперь цилиндры, соотвѣтствующіе только-что названнымъ электромагнитамъ, т. е. коромысло наклонится въ противоположную сторону. Эти качательныя движенія цилиндровъ, совершенно подобныя движеніямъ поршня въ

годаря посредству стержней K и K′,—со ртутью, содержащейся въ сосудахъ v и v', то ртуть въ обоихъ сосудахъ будетъ имѣть разные потенціалы, вслѣдствіе чего она перестанетъ оказывать одинаковое давленіе снизу на оба пакетика трубокъ, и тотъ пакетикъ, на который давленіе ртути меньше, нѣсколько опускается; это движеніе предается колесу r, а отъ него коммутатору B, который измѣняетъ потенціалы ртути въ обоихъ сосудахъ, и тамъ гдѣ давленіе было наибольшее, оно дѣлается наименьшимъ, вслѣдствіе чего рычагъ L дѣлаетъ качаніе въ противоположную сторону; эта смѣна явленій совершается автоматически до тѣхъ поръ, пока дѣйствуетъ элементъ.—Замѣтимъ, что описанный приборъ, взятый отдѣльно отъ гальванической батареи, самъ можетъ служить производителемъ тока. Соединивъ борны p и p' съ гальванометромъ и приведя въ движеніе колесо рукою, замѣтимъ отклоненіе стрѣлки гальванометра, причемъ направленіе этого отклоненія, т. е. направленіе являющагося здѣсь тока, мѣняется съ направленіемъ вращенія колеса r.

паровой машинѣ, такъ же, какъ въ случаѣ послѣдней, превращаются во вращательное движенiе вала маховаго колеса.

Приспособленiе, благодаря которому въ этомъ двигателѣ достигается автоматическое приведенiе тока поочередно въ E, E и E′, E′, заключается въ слѣдующемъ. Положительный полюсъ доставляющей токъ гальванической батареи соединяется съ положительнымъ борномъ машины, съ которымъ, въ свою очередь, соединяются по одному концу проволокъ отходящихъ отъ всѣхъ электромагнитовъ; другой конецъ проволокъ электромагнитовъ E, E соединенъ съ проволокою *a*, а электромагнитовъ E′, E′—съ проволокою *b*; съ другой стороны, отрицательный полюсъ *n* гальванической батареи соединяется съ проволокой *o*. Далѣе посредствомъ особыхъ шатуна и эксцентрика маховое колесо сообщаетъ качательное движенiе пластинкѣ изъ слоновой кости, съ которой соприкасаются проволоки *a*, *o* и *b*; эта пластинка покрыта въ средней своей части металлическимъ листкомъ, остающимся въ постоянномъ соприкосновенiи съ проволокою *o*. Когда этотъ металлическiй листокъ касается проволоки *a*, токъ проходитъ въ электромагнитахъ E E; въ электромагниты же E′, E′ онъ не проникаетъ, такъ какъ соотвѣтствующая имъ проволока *b* прилегаетъ въ это время къ непроводящей слоновой кости. Обратно, когда послѣдняя подвигается направо, съ металлическимъ листкомъ приходитъ въ соприкосновенiе проволока *b*, проволока же *a* прилегаетъ теперь къ слоновой кости, и потому токъ проходитъ въ E′ E′ и отсутствуетъ въ E, E. Такимъ способомъ обезпечивается безпрерывное дѣйствiе двигателя.

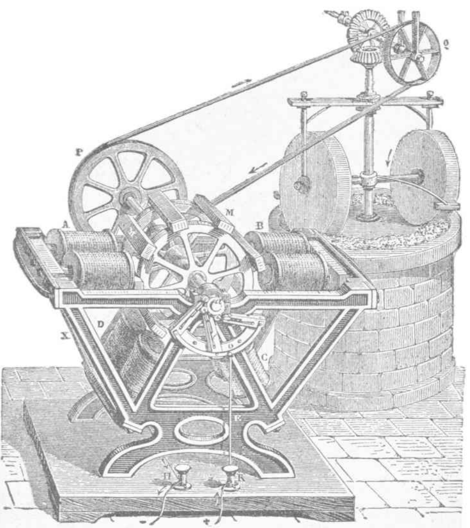


Фиг. 313.—Двигатель съ коромысломъ. (Типъ Бурбуза).

Въ 1852 г. Пэджъ уже приложилъ свой качательный двигатель къ токарному станку и круговой пилѣ. Очевидно также, что качательнымъ движенiемъ желѣзныхъ цилиндровъ можно приводить въ дѣйствiе такiе инструменты, какъ валяльный молотъ, насосъ и т. п.

Придавъ иное расположенiе желѣзнымъ цилиндрамъ, которые въ описываемой машинѣ притягиваются электромагнитами, Фроманъ построилъ двигатель, въ которомъ вращательное движенiе получается непосредственно—безъ помощи коромысла, шатуна и пр. Этотъ двигатель, представленный на фигурѣ 314, состоитъ изъ шести паръ электромагнитовъ—A, D, C, B, E и F, поддерживаемыхъ стойкою X и расположенныхъ по окружности въ равныхъ разстоянiяхъ одна отъ другой (на рисункѣ, для большей простоты, не изображены двѣ пары электромагнитовъ E и F, лежащiя противъ паръ C и D). Въ промежуточномъ пространствѣ между электромагнитами находится цилиндръ, могущiй двигаться около своей оси и несущiй на себѣ восемь брусковъ изъ мягкаго желѣза, расположенныхъ по окружности въ равныхъ разстоянiяхъ другъ отъ друга. Токъ, доставляемый батареей, входитъ въ R и выходитъ въ H. Расположенiе частей таково, что токъ послѣдовательно проходитъ въ каждыхъ двухъ противо-

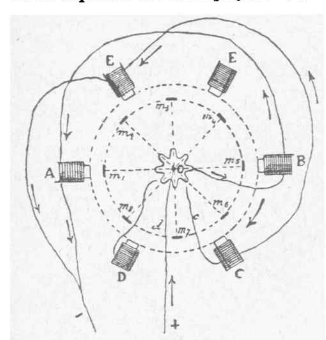
лежащихъ другъ другу парахъ электромагнитовъ, вызывая притяженіе къ этимъ электромагнитамъ ближайшихъ къ нимъ въ данный моментъ желѣзныхъ брусковъ. Указаннымъ притяженіемъ цилиндру и соединенному съ нимъ колесу P сообщается вращательное движеніе все по одному и тому же направленію; самое же притяженіе брусковъ достигается при помощи слѣдующаго простого механизма, схематически изображеннаго на фигурѣ 315. A, D, C,... суть электромагниты, m_1, m_2, m_3,...—бруски мягкаго желѣза. Такъ какъ послѣднихъ—восемь, а электромагнитовъ имѣется только шесть паръ, то уголъ m_1om_2 меньше угла AoE, образуемаго двумя сосѣдними парами электромагнитовъ; слѣдовательно, когда бруски m_1 и m_5 станутъ противъ A и B, то слѣдующіе за ними бруски m_2 и m_6 еще не будутъ находиться противъ E и C, а будутъ стоять на нѣкоторомъ разстояніи отъ этого положенія. Съ другой стороны, металлическое колесо, находящееся въ постоянномъ соединеніи съ положительнымъ полюсомъ (+) батареи, снабжено восемью зубцами—по числу желѣзныхъ брусковъ. Когда проволока B касается колеса *o*, токъ отъ положительнаго полюса идетъ по направленію *o*BA къ отрицательному. Когда одного изъ зубцовъ колеса *o* касается проволока *c*, токъ проходитъ чрезъ *oc*CE, вслѣдствіе чего соотвѣтствующими электромагнитами притягиваются бруски m_2 и m_6. Указанныя явленія будутъ совершаться періодически и послѣдовательно для всѣхъ электромагнитовъ, неопредѣленно долгое время, до тѣхъ поръ, пока будетъ дѣйствовать батарея, причемъ во время каждаго оборота будетъ происходить двадцать четыре послѣдовательныхъ притяженія.



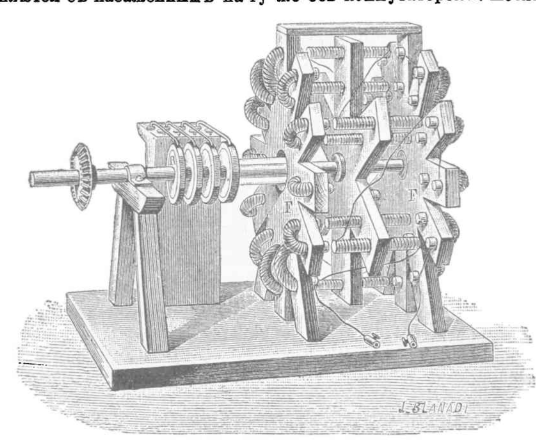
Фиг. 314.—Двигатель Фромана, приводящій въ дѣйствіе пару жернововъ.

Въ двигателѣ Якоби (*фиг.* 316), относящемся къ 1838 г., вращательное движеніе производится притяженіемъ подвижныхъ электромагнитовъ неподвижными. Вотъ какъ описываетъ эту машину Сильванусъ Томпсонъ: „Въ двухъ вертикальныхъ и параллельно стоящихъ неподвижныхъ деревянныхъ доскахъ укрѣплено по вѣнку изъ двѣнадцати электромагнитовъ съ чередующимися полюсами. Между этими двумя досками расположена третья, въ которой также укрѣпленъ вѣнокъ электромагнитовъ, вмѣстѣ съ которыми эта доска движется, благодаря поочередному притяженію и отталкиванію ихъ полюсами неподвижныхъ электромагнитовъ; правильное измѣненіе направленія тока, проходящаго въ подвижныхъ электромагнитахъ, производится во время прохожденія послѣднихъ предъ неподвижными, коммутаторомъ, образуемымъ четырьмя латунными колесами R, зубцы у которыхъ отдѣляются одинъ отъ другого прослойками изъ слоновой кости или изъ дерева“. Въ 1839 г. Якоби пустилъ по Невѣ со своимъ двигателемъ колесное судно, на которомъ помѣщалось двѣнадцать человѣкъ. Весьма сильный токъ доставлялся въ этомъ случаѣ батареей въ 128 элементовъ Грова.

Съ тѣхъ поръ вопросу о приложеніи электричества къ передвиженію стали удѣлять большое вниманіе. Въ 1842 г. Дэвидсонъ устроилъ электрическую карету, которая ходила изъ Эдинбурга въ Глазго и обратно, со скоростью около 6 километровъ въ часъ; въ 1849 г. былъ устроенъ еще болѣе сильный двигатель Сореномъ Іёртомъ въ Ливерпулѣ.—Далѣе, Пачинотти въ 1861 г. устроилъ двигатель, описаніе котораго опублиовкано въ 1864 г. „Я взялъ,—говоритъ Пачинотти,—желѣзное колесо съ шестнадцатью одинаковыми зубцами, удерживаемое и соединяемое съ осью машины помощью четырехъ желѣзныхъ брусковъ B, B и B′,B′. Въ промежуткахъ между зубцами, между трехгранными деревянными призмочками расположены спирали изъ обвитой шелкомъ мѣдной проволоки. Эти спирали являются, такимъ образомъ, вполнѣ уединенными одна отъ другой. Каждая изъ нихъ состоитъ изъ девяти оборотовъ, идущихъ во всѣхъ спираляхъ въ одномъ и томъ же направленіи, причемъ концы спиралей примыкаютъ къ соотвѣтственнымъ промежуточнымъ призмамъ. На оси описаннаго колеса расположены всѣ идущія отъ спиралей соединительныя проволоки, такимъ образомъ, что изъ двухъ смежныхъ проволокъ одна составляетъ конецъ одной, а другая—начало слѣдующей спирали. Пройдя предварительно чрезъ соотвѣтственныя отверстія въ деревянномъ кружкѣ, надѣтомъ на ось колеса, проволоки соединяются съ насаженнымъ на ту же ось коммутаторомъ. Послѣдній представляетъ изъ себя деревянный цилиндрикъ, снабженный, по окружности, двумя рядами вырѣзовъ, въ которые входятъ шестнадцать кусковъ латуни, — причемъ восемь верхнихъ чередуются съ восемью нижними; съ каждымъ кускомъ латуни соединяются двѣ проволоки, соотвѣтствующія двумъ сосѣднимъ спиралямъ, такъ что всѣ спирали оказываются соединенными между собою въ одну общую спираль, или катушку. Если теперь два діаметрально-противоположные куска латуни соединить, посредствомъ металлическихъ пластинокъ, съ полюсами гальванической батареи, то токъ, раздѣлившись, пойдетъ въ соотвѣтствующія половины катушки, и желѣзное колесо намагнитится такимъ образомъ, что полюсы займутъ положеніе по діаметру, перпендикулярному къ AA′; на эти

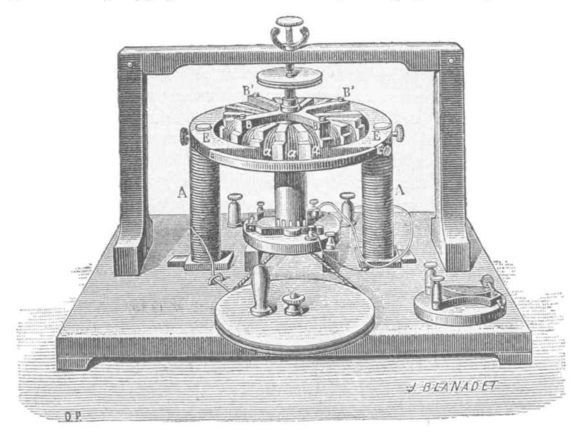


Фиг. 315.—Схема коммутатора Фромана.


Фиг. 316.—Двигатель Якоби (1838 г.).

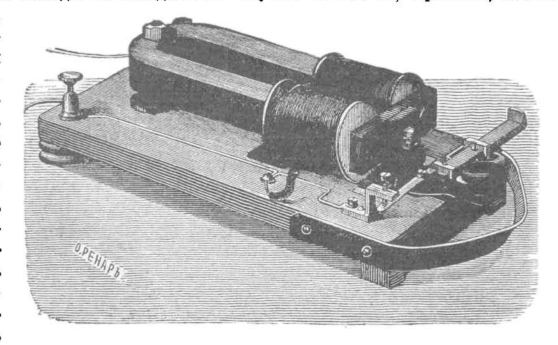
полюсы дѣйствуютъ полюсы неподвижнаго электромагнита, приводя въ движеніе колесо; положеніе полюсовъ послѣдняго при его движеніи будетъ всегда соотвѣтствовать выбранному соединенію съ батареей".

Этотъ электрическій двигатель былъ почти незамѣченъ при своемъ появленіи, и ему суждено было фигурировать въ теченіе цѣлаго ряда лѣтъ, въ числѣ прочихъ физическихъ аппаратовъ, въ колекціи пизанскаго университета. По достоинству онъ былъ оцѣненъ лишь въ 1881 г., послѣ того какъ получила широкое распространеніе почти тождественная съ нимъ машина Грамма, изобрѣтенная въ 1869 г. Въ настоящее время по типу машины Пачинотти (или, что то же, Грамма) строится большая часть электродвигателей.



Фиг. 317.—Двигатель Пачинотти (1861 г.).

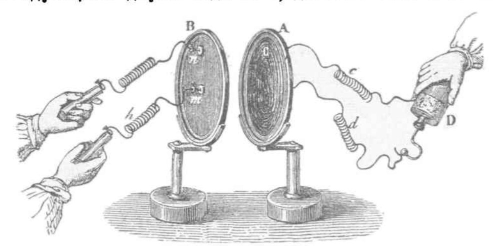
Желая показать, съ какою правильностью могутъ дѣйствовать электрическіе двигатели, Дюма, въ одномъ изъ своихъ докладовъ—по поводу машины Фромана,—разсказалъ слѣдующій любопытный фактъ. „Во время одного изъ нашихъ засѣданій на съѣздѣ въ Лондонѣ по случаю выставки, Фроманъ, неожиданно для всѣхъ, вынулъ изъ кармана свои часы и сказалъ: „Теперь—безъ десяти секундъ двѣнадцать часовъ дня. По приказу столовыхъ часовъ, стоящихъ въ моемъ кабинетѣ, въ Парижѣ, моя дѣлительная машина приходитъ въ движеніе. Вотъ алмазъ чертитъ пять штриховъ въ воздухѣ,—чтобы получить настоящій ходъ и чтобы нагрѣлось смазывающее машину масло; затѣмъ онъ вырѣзываетъ"—не въ счетъ—пять дѣленій на стеклянной пластинкѣ, чтобы пріобрѣсти увѣренность въ томъ, что стекло захватывается имъ какъ слѣдуетъ; наконецъ, пройдя опредѣленное разстояніе, онъ становится на ту точку, откуда должна начаться его настоящая работа, и начинаетъ чертить требуемыя дѣленія.



Фиг. 318.—Колотушка Бреге.

дѣлая коротенькія черточки соотвѣтственно тысячнымъ долямъ миллиметра, нѣсколько болѣе длинныя чрезъ каждыя пять тонкихъ дѣленій и еще болѣе длинныя — чрезъ каждыя десять дѣленій. Окончивъ свою работу пятисотымъ дѣленіемъ, машина останавливается, снявъ съ пластинки свое рѣжущее остріе, но не забываетъ при этомъ отмѣтить на кабинетныхъ часахъ: тридцать секундъ перваго, — для того, чтобы, хозяинъ, возвратившись въ Парижъ, могъ удостовѣриться въ томъ, что „электрическій слуга" служилъ ему вѣрно".

Если въ отношеніи правильности дѣйствія машины, описанныя нами до сихъ поръ, представляются идеальными, то на ихъ рабочую силу разсчитывать отнюдь не приходится: въ этомъ отношеніи онѣ не выдерживаютъ никакого сравненія съ самыми небольшими паровыми машинами. Но еслибъ онѣ даже обладали желаемой силою, то, все-таки, гораздо выгоднѣе было бы пользоваться паровыми машинами въ качествѣ рабочей силы, такъ какъ цинкъ, растворяемый, расходуемый въ гальванической батареѣ на полученіе потребнаго тока, обходится гораздо дороже каменнаго угля: при равномъ вѣсѣ, каменный уголь доставляетъ вдесятеро большую работу, нежели цинкъ. Такимъ образомъ успѣхи электрической механики естественно были связаны съ удачнымъ разрѣшеніемъ слѣдующихъ двухъ задачъ: 1) дешевое полученіе тока и 2) увеличеніе силы электрическихъ двигателей. Эти задачи были рѣшены путемъ изслѣдованій, производившихся одновременно съ великими изслѣдованіями Ампера и основанныхъ на явленіяхъ индукціи, знаніемъ которыхъ мы обязаны больше всего глубокому генію Фарадея.



Фиг. 319.—Наведеніе тока въ проводникѣ B разрядомъ лейденской банки D черезъ проводникъ *c*.

Разсмотримъ теперь важнѣйшее изъ этихъ явленій индукціи, съ общимъ характеромъ которыхъ мы уже знакомы изъ отдѣла о телефонѣ. Тамъ мы изучали слѣдующіе два закона:

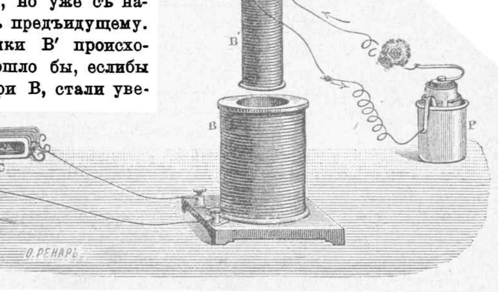
1) Въ замкнутомъ проводникѣ, помѣщенномъ въ полѣ магнита, является электрическій токъ всякій разъ, когда происходитъ какое-либо измѣненіе силовыхъ линій этого поля, наприм., при движеніи въ немъ куска мягкаго желѣза; если ударить по пуговкѣ колотушки Брегé (*фиг.* 318), то якорь оторвется отъ магнита, и между борнами электромагнитами пробѣжитъ индукціонная искра.

2) Въ замкнутомъ проводникѣ, помѣщенномъ, по крайней мѣрѣ, нѣкоторою своею частью, въ магнитномъ полѣ, производимомъ электрическимъ токомъ, возбуждается наведенный токъ всякій разъ, когда измѣняется это поле—путемъ увеличенія или уменьшенія силы главнаго тока. На этомъ принципѣ основана уже знакомая намъ индукціонная катушка.

При разряженіи лейденской банки чрезъ одинъ изъ двухъ сосѣднихъ проводниковъ, въ другомъ также появляется токъ, причемъ лицо, держащее въ рукахъ концы этого наводимаго проводника, испытываетъ сотрясеніе.

Въ отдѣлѣ о телефонѣ были указаны тѣ обстоятельства, отъ которыхъ зависитъ сила наведеннаго тока. Теперь прибавимъ, что если перемѣщать по отношенію другъ къ другу нѣсколько сосѣднихъ замкнутыхъ проводниковъ, изъ которыхъ въ одномъ, по крайней мѣрѣ, проходитъ токъ, то обнаружится дѣйствіе проводниковъ другъ на друга *(взаимная индукція)*, именно гальванометры покажутъ измѣненіе во всѣхъ токахъ. Если въ нѣкоторыхъ изъ проводниковъ первоначально не было никакого тока, то въ нихъ появится токъ, на все то

время, пока будетъ продолжаться перемѣщеніе, причемъ сила его будетъ зависѣть отъ силы первоначально существовавшихъ токовъ и отъ механическихъ свойствъ перемѣщенія—отъ его скорости, траекторіи и пр. Въ сказанномъ легко убѣдиться на опытѣ, при помощи прибора, изображеннаго на фигурѣ 320. Въ катушкѣ B′ проходитъ токъ отъ гальваническаго элемента, въ катушкѣ же B тока нѣтъ. Если станемъ опускать катушку B′ въ катушку B, то въ B, какъ покажетъ гальванометръ, появится токъ, который прекратится съ остановкою катушки B′. Если будемъ вынимать B′, то снова появится токъ, но уже съ направленіемъ, обратнымъ предъидущему. При *приближеніи* катушки B′ происходитъ то же, что произошло бы, еслибы мы, помѣстивъ B′ внутри B, стали увеличивать силу тока въ первой или пропускать въ нее токъ; при *удаленіи* той же катушки исходитъ то, что было бы въ случаѣ ослабленія или уничтоженія наводящаго тока.

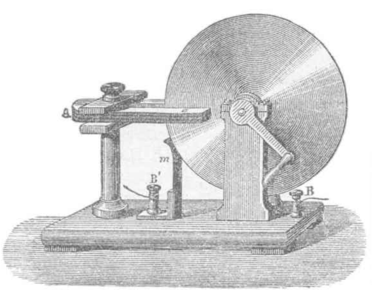


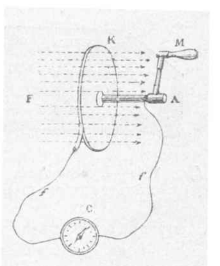
Фиг. 320. — Наведеніе тока въ проводникѣ B перемѣщеніемъ проводника B′, въ которомъ проходитъ токъ (наводящій).

Эти явленія были уже указаны, когда шла рѣчь объ индукціонной катушкѣ.

Законы, которымъ подчиняются всевозможные случаи индукціи, могутъ быть резюмированы слѣдующимъ образомъ:

Если по той или иной причинѣ произойдетъ перемѣщеніе силовыхъ линій магнитнаго поля относительно нѣкоторой части наводимаго проводника, то при этомъ перемѣщеніи будетъ пересѣкаться проволокою f извѣстное число силовыхъ линій. Эти-то пересѣченныя силовыя линіи, этотъ пересѣченный силовой потокъ стремится возбудить въ проводникѣ такой токъ, который препятствуетъ перемѣщенію силовыхъ линій относительно проводника; этотъ токъ прекращается вмѣстѣ съ вызвавшимъ его перемѣщеніемъ; онъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ внезапнѣе и чѣмъ въ большемъ количествѣ пересѣкаются силовыя линіи.



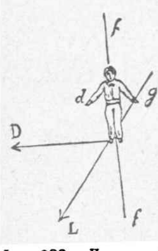


Фиг. 321. — Наведеніе тока въ проводникѣ, концы котораго соединены съ осью и ободомъ металлическаго колеса, пересѣкающаго силовыя линіи поля, производимаго магнитомъ A.

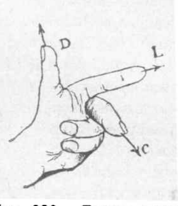
Этотъ замѣчательный законъ былъ найденъ Фарадеемъ и русскимъ ученымъ Ленцомъ путемъ опыта. Ленцъ первый, въ 1834 г., замѣтилъ, *что наве-*

денный токъ всегда стремится препятствовать вызывающему его перемѣщенію. Смыслъ этого закона и способъ его приложенія можно уяснить себѣ помощью слѣдующихъ примѣровъ. Если возьмемъ два параллельные проводника, въ одномъ изъ которыхъ проходитъ токъ, то при удаленіи второго проводника въ послѣднемъ явится токъ одного направленія съ токомъ перваго проводника, вслѣдствіе того, что два параллельные тока, направленные въ одну и ту же сторону, притягиваются, т.-е. стремятся препятствовать удаленію проводника. Такимъ же образомъ найдемъ, что при приближеніи одного изъ проводниковъ наведенный токъ будетъ имѣть направленіе, обратное наводящему.

Возьмемъ другой случай. Пусть проводникъ движется по рельсамъ съ востока на западъ, при направленіи магнитнаго поля сверху внизъ. Спрашивается, каково должно быть направленіе наведеннаго тока, въ проводникѣ, дополняющемъ образуемую рельсами цѣпь? Вообразимъ на нашемъ проводникѣ, перемѣщающемся съ востока на западъ, наблюдателя, который смотритъ по направленію поля и лѣвая рука котораго обращена въ сторону перемѣщенія. Еслибы наведенный токъ входилъ чрезъ ноги наблюдателя, то онъ способствовалъ бы перемѣщенію (см. правило, приведенное на стр. 301); но токъ какъ онъ долженъ препятствовать ему, то онъ долженъ входить чрезъ голову наблюдателя. Еслибы перемѣщеніе проводника совершалось съ запада на востокъ, то наведенный токъ пробѣгалъ бы въ противоположномъ направленіи.

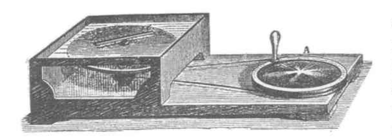


Фиг. 322.—Направленіе наведенныхъ токовъ.



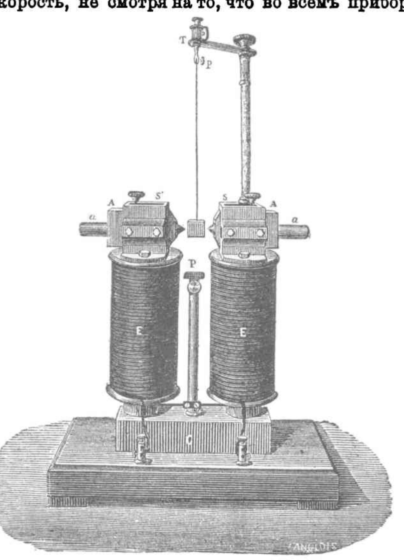
Фиг. 323.—Правило трехъ пальцевъ.

Наведенный токъ, являющійся въ проволокѣ f (фиг. 322), направленъ отъ ногъ къ головѣ наблюдателя (лежащаго на проволокѣ), который смотритъ по направленію силовыхъ линій L *и правая рука котораго обращена въ сторону премѣщенія* D. Если металлическій дискъ (*фиг.* 321) вращать по направленію движенія часовой стрѣлки, то наведенный токъ во внѣшней цѣпи, пойдетъ отъ B′ къ B. Вращеніе диска въ обратную сторону даетъ наведенный токъ противоположнаго направленія.


Фиг. 324.—Вращающаяся мѣдная пластинка увлекаетъ съ собою магнитную стрѣлку *ab*.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ можно вмѣсто предшествующихъ правилъ руководствоваться другими. Максуэлль далъ слѣдующее правило, извѣстное подъ названіемъ *правила штопора*. „Если представить себѣ штопоръ, вращаемый такимъ образомъ, что его поступательное движеніе имѣетъ то же направленіе, какъ силовыя линіи даннаго магнитнаго поля, то наведенный токъ будетъ направленъ въ сторону вращенія штопора въ случаѣ возбужденія тока ослабленіемъ потока индукціи и, наоборотъ,—въ противуположную сторону въ случаѣ возбужденія тока усиленіемъ потока индукціи“. *Правило трехъ пальцевъ*, принадлежащее д-ру Флэмингу, выражаютъ такъ: „Если большой палецъ правой руки направленъ въ сторону премѣщенія D (*фиг.* 324), а указательный—по направленію силовыхъ линій L, то средній палецъ можетъ принять только одно положеніе, именно такое, которое будетъ параллельно проволокѣ, причемъ направленіе тока въ послѣдней будетъ—отъ основанія средняго пальца къ его кончику C.“ Это правило съ большимъ удобствомъ можетъ быть приложимо къ очень многимъ случаямъ индукціи. Руководствуясь имъ, читатель можетъ легко опредѣлить направленіе тока, наведеннаго любымъ премѣщеніемъ проводника въ данномъ полѣ. (См. фигуры 292 и 296).

Теперь обратимся къ тому случаю, когда въ магнитномъ полѣ помѣщается не проволока *a*, а какая-либо проводящая масса, кусокъ какого-либо металла; что произойдетъ при перемѣщеніи въ такомъ полѣ? — Въ 1824 г. Гамбей замѣтилъ, что качаніе магнитной стрѣлки становится менѣе продолжительнымъ и амплитуда качанія все болѣе и болѣе уменьшается, если подъ стрѣлкой помѣщенъ мѣдный дискъ: дискъ *погашаетъ* (успокоиваетъ) качаніе стрѣлки. Араго́ приписалъ это явленіе особаго рода магнитизму, для котораго онъ предложилъ названіе *магнитизма вращенія.* Заставляя такой мѣдный дискъ вращаться, онъ замѣтилъ, что магнитная стрѣлка увлекается въ сторону вращенія диска, что она сама также начинаетъ вращаться въ тотъ моментъ, когда вращеніе диска пріобрѣтаетъ достаточно большую скорость, не смотря на то, что во всемъ приборѣ нѣтъ ни малѣйшаго слѣда желѣза (*фиг.* 324). Фарадей, повторившій опытъ Араго́, объяснилъ его возбужденіемъ въ дискѣ наведенныхъ токовъ. Токи эти направлены перпендикулярно къ силовымъ линіямъ, проникающимъ сквозь дискъ, и могутъ быть обнаружены, если двѣ какія-либо точки на поверхности диска соединить съ гальванометромъ. Этимъ путемъ мы убѣдимся, что явленіе, замѣченное Араго́, вполнѣ согласно съ закономъ Ленца. Если распилить дискъ по извѣстному числу радіусовъ, то его дѣйствіе или совершенно прекратится, или сдѣлается ничтожнымъ.



Фиг. 325.—Остановка вращенія куба дѣйствіемъ электромагнитовъ.

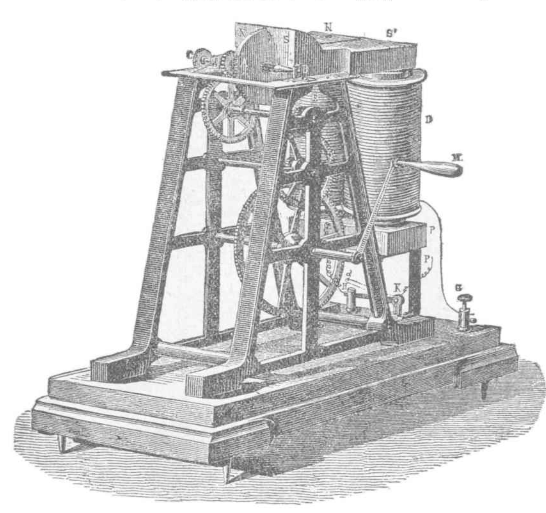
Если между двумя полюсами электромагнита заставимъ падать монету, то увидимъ, что послѣдняя проходитъ магнитное поле медленно. Если между такими же полюсами повѣсимъ металлическій кубъ (*фиг.* 325) и, закрутивъ нить привѣса, предоставимъ кубъ самому себѣ, то онъ приметъ быстрое вращательное движеніе; но какъ только въ электромагнитъ будетъ пущенъ токъ, кубъ тотчасъ же остановится. По прекращеніи тока сопротивленіе исчезаетъ, и кубъ опять начинаетъ вращаться. Приведенныя явленія объясняются наведеніемъ токовъ въ металлическихъ массахъ, при движеніи послѣднихъ въ магнитномъ полѣ. Благодаря такимъ именно токамъ и можетъ дѣйствовать телефонъ съ пластинкой изъ мѣди, алюминія или какого-либо металла.

Фуко придалъ опыту Араго еще болѣе наглядную форму. Дискъ А посредствомъ рукоятки М и системы зубчатыхъ колесъ вращаютъ между полярными придатками NN′ и SS′ электромагнита D (*фиг.* 326). Когда токъ не проходитъ въ электромагнитѣ, для вращенія диска достаточно самой незначительной силы: если же, наоборотъ, токъ проходитъ, то на вращеніе диска приходится затрачивать большую механическую работу, причемъ дискъ значительно нагрѣвается. Тиндаль расплавлялъ такимъ путемъ сердечникъ диска, сдѣланный изъ легкоплавкаго сплава.

Описанный опытъ можно произвести и помощью прибора, представленнаго

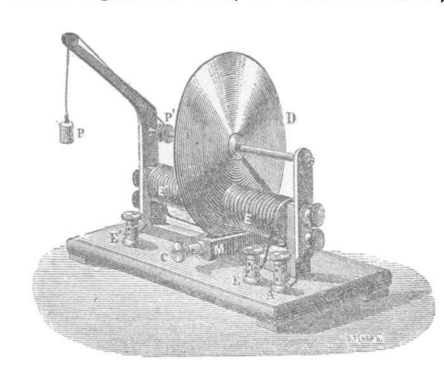
на фигурѣ 327, въ которомъ вращеніе диска производится паденіемъ груза P.

Этотъ опытъ лежитъ въ основѣ устроеннаго Эдиссономъ *электрическаго тормаза*. Дискъ приводится здѣсь во вращеніе самой каретой; для остановки послѣдней, кондуктору нужно только пропустить токъ въ электромагнитъ, между полюсами котораго дискъ вращается.



Фиг. 326.—Токи, наведенные въ металлическихъ массахъ (токи Фукò).

Вотъ какъ самъ Фукò излагаетъ свои, относящіяся сюда, наблюденія: „Въ то время, когда дискъ вращается съ наибольшей скоростью, достаточно пустить въ электромагнитъ токъ, доставляемый шестью элементами Бунзена, для того, чтобъ остановить дискъ въ теченіе нѣсколькихъ секундъ какъ бы невидимымъ тормазомъ. Въ этомъ состоитъ опытъ Арагò, развитый Фарадеемъ. Если, по остановкѣ диска, взяться за рукоятку для того, чтобы вновь сообщить диску утраченное имъ движеніе, то встрѣчаемое при этомъ сопротивленіе заставитъ насъ употребить нѣкоторую работу, которая вслѣдъ за тѣмъ появится въ видѣ теплоты, пріобрѣтенной вращающимся тѣломъ.



Фиг. 327.—Наведеніе токовъ въ доскѣ D.

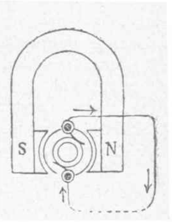
„Помощью надлежащимъ образомъ приспособленнаго термометра легко прослѣдить шагъ за шагомъ прогрессивное повышеніе температуры. Взявъ, для примѣра, приборъ при 16° Цельзія, я видѣлъ, какъ температура сначала поднялась до 20, затѣмъ до 25, 30, 34 градусовъ... Тогда повышеніе температуры уже стало чувствоваться простою рукою.

„Нѣсколько дней спустя я взялъ батарею только изъ двухъ Бунзеновыхъ элементовъ; при этомъ опытѣ плоскій дискъ изъ красной мѣди нагрѣлся въ теченіе десяти минутъ до 60°.

„Тотъ, кому только-что указанное явленіе кажется заслуживающимъ вниманія, могъ бы произвести опытъ въ увеличенномъ масштабѣ. Не подлежитъ никакому сомнѣнію, что помощью надлежащимъ образомъ устроенной машины, составленной изъ однихъ только постоянныхъ магнитовъ, можно получать достаточно высокія температуры и самымъ нагляднымъ путемъ демонстрировать публикѣ любопытный примѣръ превращенія работы въ теплоту".

Наведенные токи, о которыхъ мы только-что говорили, часто называютъ *токами Фукó*.

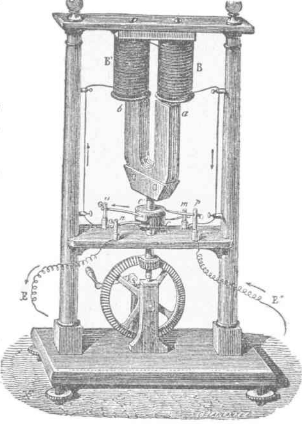
Руководствуясь изложенными фактами, легко представить себѣ планъ построенія такихъ машинъ, которыя предназначены доставлять индуктивные токи. Именно, такая машина должна имѣть, прежде всего, органъ, производящій магнитное поле,—*индукторъ*, затѣмъ—часть, несущую на себѣ обмотку, по которой долженъ пробѣгать электрическій токъ: эта часть называется *наводимой системою*, или *якоремъ (арматурою)* машины; наконецъ, машина должна заключать въ себѣ часть, собирающую токи—*коллекторъ*, расположеніе котораго мѣняется сообразно преслѣдуемой цѣли. Кромѣ перечисленныхъ главныхъ частей, въ машинѣ имѣются еще аппаратъ, производящій перемѣщеніе индуктора относительно наводимой системы. Обыкновенно, движеніе, и именно вращательное, сообщается якорю. При устройствѣ машины необходимо руководствоваться правиломъ, приведеннымъ на стр. 309: такъ какъ наведенный токъ чѣмъ сильнѣе, чѣмъ большее число силовыхъ линій заразъ пересѣкаются проволокою, то, *расположивъ въ мѣстѣ прохожденія проволоки сильное магнитное поле, необходимо сообщать наводимой системѣ (якорю) быстрое вращательное движеніе, такимъ образомъ, чтобы направленіе, по которому силовыя линіи пресѣкаются проволокою, было какъ можно ближе къ перпендикулярному.*



Фиг. 328.—Схема магнито-электрической машины.

Въ первое время индукторъ въ индукціонныхъ машинахъ состоялъ изъ одного или нѣсколькихъ *постоянныхъ* магнитовъ, почему такія машины и назывались *магнито-электрическими*. Магнитамъ придавали подковообразную форму (*фиг.* 328), при которой якорь можетъ быть введенъ въ поле, производимое обоими полюсами вмѣстѣ

Первой магнито-электрической машины публика никогда не видала. Она была описана устроившимъ ея лицомъ, въ мемуарѣ, посланномъ Фарадею 26-го іюля 1832 г. и подписанномъ иниціалами М. П. Эта машина, предназначенная служить для разложенія воды, состояла изъ шести подковообразныхъ магнитовъ, расположенныхъ въ равныхъ разстояніяхъ другъ отъ друга по радіусамъ деревяннаго диска; всѣ полюсы лежали на одной окружности, причемъ положительные чередовались съ отрицательными. Дискъ вращался въ вертикальной плоскости передъ шестью арматурами изъ мягкаго желѣза, состоявшими изъ оборотовъ изолированной проволоки, имѣвшихъ поочередно то одно, то другое направленіе, чтобы во внѣшней цѣпи получался наведенный токъ неизмѣняющагося направленія.



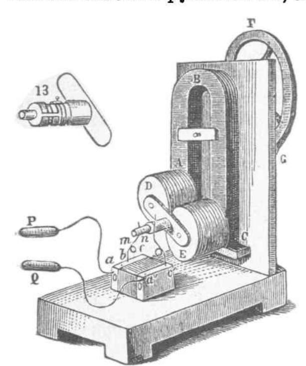
Фиг. 329.—Магнито-электрическая машина Пикси (1832 г.).

Первою изъ машинъ, сдѣлавшихся извѣстными въ публикѣ, была машина Пикси, которая была представлена въ академію наукъ 3-го сентября 1832 года.

Здѣсь (*фиг.* 329) индукторомъ служитъ магнитъ *ab*, приводимый во вращательное движеніе около вертикальной оси *c'* помощью рукоятки и зубчатыхъ колесъ; во внѣшнюю цѣпь, по проволокѣ EE', направляется токъ, наведенный въ неподвижныхъ катушкахъ B,B'.

20-го марта 1833 г. Ричи представилъ въ лондонское Королевское Общество свою магнито-электрическую машину; въ ней вращались четыре катушки между вѣтвями подковообразнаго магнита.

Въ іюнѣ 1833 г., на съѣздѣ Британской ассоціаціи въ Кэмбриджѣ, Сэкстонъ демонстрировалъ магнито-электрическую машину, на которую однако обратили вниманіе лишь въ 1836 г., когда весьма сходная съ ней машина (фиг. 330) была описана Клэркомъ. Въ этой машинѣ, магнитъ ABC утвержденъ на вертикальной доскѣ, а наводимая проволока навита на двѣ катушки съ сердечниками изъ мягкаго желѣза, соединенными между собою желѣзной же полосой DE. Этимъ катушкамъ прикрѣпленнымъ къ оси *mn*, сообщается, помощью зубчатыхъ колесъ и рукоятки GT, быстрое вращательное движеніе предъ полюсами магнита. Концы наводимой проволоки соединяются съ двумя изолированными другъ отъ друга металлическими пластинками, покрывающими двѣ противолежащія половины поверхностя цилиндра, образующаго ось 13; въ плоскости, раздѣляющей эти пластинки, проходятъ оси катушекъ. Такъ какъ катушки поочередно то приближаются, то удаляются отъ полюсовъ A и C магнита, то наводимый въ нихъ токъ долженъ мѣнять свое направленіе при каждомъ полуоборотѣ; но кромѣ того, онъ въ любой моментъ имѣлъ бы не одно и то же направленіе въ обѣихъ катушкахъ, если бы послѣднія не имѣли противоположныхъ навивокъ: одна—навивку слѣва направо, другая—справа налѣво. Такъ какъ съ каждой изъ двухъ пружинъ, проводящихъ токъ во внѣшнюю цѣпь, поочередно (при каждомъ новомъ полуоборотѣ) вступаетъ въ соединеніе то одна, то другая изъ двухъ пластинокъ *m* и *n*, то токъ пробѣгаетъ во внѣшней цѣпи все въ одномъ и томъ же направленіи. Это приспособленіе (коммутаторъ) для *выпрямленія* тока было введено въ машину Клэрка Дòвомъ въ 1842 г. До тѣхъ же поръ описываемой машиной пользовались только для произведенія физіологическихъ дѣйствій—сотрясеній, термическихъ—нагрѣванія проволоки, и т. п., для чего не требуется тока съ неизмѣняющимся направленіемъ. Если же нужно разложить воду, выпрямленіе тока является, напротивъ, необходимымъ. Сходный коммутаторъ имѣется у машины Пикси, въ *cc'отпр*.



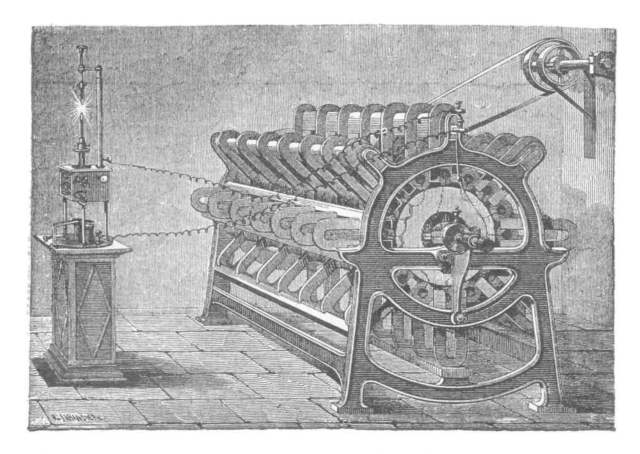
Фиг. 330.—Магнито-электрическая машина Клэрка.

Штереръ, въ 1844 г., также устроилъ машину, принадлежащую къ разбираемому типу, и описалъ ее въ *Анналахъ Поггендорфа* за упомянутый годъ. Здѣсь шесть катушекъ, расположенныхъ по вертикальному шестиугольнику, вращаются предъ чередующимися полюсами трехъ вертикальныхъ магнитовъ, также расположенными по шестиугольнику, который параллеленъ первому.

Нѣсколько лѣтъ спустя, въ 1849 г., у Нолле́ *) возникъ планъ устройства магнито-электрической машины, годной для промышленныхъ цѣлей. Однако, смерть помѣшала названному ученому осуществить свой планъ, и придуманная

*) Нолле́, профессоръ физики въ брюссельской Военной школѣ, происходилъ изъ рода аббата Нолле́.

имъ машина была устроена его лаборантомъ, рабочимъ Ванъ-Мальдереномъ. Впослѣдствіи, именно въ 1863 г., она была примѣнена компаніей *Союзъ* для доставленія электрическаго свѣта Гевскому маяку (близъ Гавра). Вотъ какъ описываютъ эту машину Жаменъ и Бути: „По окружности чугунной рамы расположены, на деревянныхъ перекладинахъ, восемь рядовъ подковообразныхъ магнитовъ, по семи въ каждомъ ряду (*фиг.* 331). Эти неподвижные магниты, изъ которыхъ каждый способенъ удерживать около 70 килограммовъ, расположены такъ, что вездѣ обращены другъ къ другу разноименные полюсы. На горизонтальномъ валу насажены шесть бронзовыхъ круговъ; по окружности каждаго изъ нихъ, какъ показываетъ фигура, расположено 16 катушекъ, изъ которыхъ каждая состоитъ изъ двѣнадцати проволокъ по 10 метровъ каждая, такъ что общая длина проволоки, намотанной на всѣ шестьдесятъ четыре катушки, составляетъ 8 километровъ. Мѣдные диски, которыми оканчиваются катушки, распилены по радіусамъ, что устраняетъ появленіе наведенныхъ токовъ въ этихъ



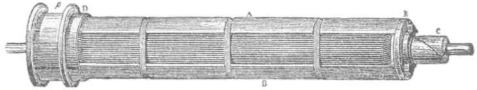
Фиг. 331.—Магнито-электрическая машина компаніи *Союзъ* (съ альтернативнымъ токомъ).

дискахъ. Навивка проволоки сдѣлана по одному и тому же направленію на всѣхъ катушкахъ, и эти послѣднія соединяются между собою посредствомъ мѣдныхъ пластинокъ, прикрѣпленныхъ къ кусочкамъ дерева, прибитымъ къ поверхности круговъ. Катушки расположены такимъ образомъ въ рядъ, одна за другою, и возбуждаемые во всѣхъ ихъ токи складываются, почему соединеніе катушекъ называютъ послѣдовательнымъ. Но можно установить и иное соединеніе—параллельное, сообщивъ всѣ одноименные полюсы катушекъ съ однимъ металлическимъ кольцомъ.—Для приведенія въ движеніе круговъ съ лежащими на нихъ катушками пользуются обыкновенно паровой машиной, валъ которой соединяютъ съ горизонтальнымъ валомъ машины Нолле́ помощью безконечнаго ремня".

Весьма сходною съ только-что описанной машиной является машина де-Меритана, которая нѣсколько отличается отъ предъидущей своей наводимой системой, образуемой здѣсь распиленнымъ по радіусамъ бронзовымъ колесомъ, на ободѣ котораго расположены въ послѣдовательный рядъ плоскія катушки; эти катушки движутся въ направленіи, перпендикулярномъ направленію ихъ навивки, предъ полюсами сорока магнитовъ, расположенныхъ по радіусамъ восемью рядами, по пяти въ каждомъ.

Эти машины возбуждаютъ во внѣшней цѣпи *чередующіеся* (перемѣнные, альтернативные) *токи*, т.-е. такіе, направленіе которыхъ періодически измѣняется. Такіе токи именно и пригодны въ дѣлѣ электрическаго освѣщенія, такъ какъ, благодаря имъ, оба угля въ Вольтовой дугѣ тратятся одинаково, а, съ другой стороны, выпрямленіе токовъ, путемъ снабженія машины соотвѣтствующимъ коллекторомъ, было бы сопряжено съ потерей извѣстной части энергіи, въ видѣ искръ.

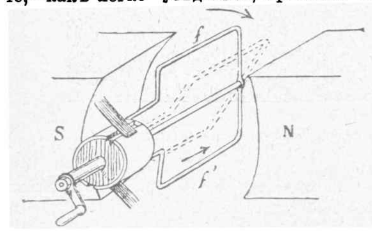
Въ большинствѣ предшествующихъ машинъ непроизводительно тратится значительная часть поля главнымъ образомъ вслѣдствіе того, что между катушками остаются пустыя пространства. Сименсъ въ значительной мѣрѣ устранилъ этотъ недостатокъ, придавъ наводимой системѣ (якорю) видъ цилиндрическаго



Фиг. 332.—Катушка Сименса. (Наводимая система въ формѣ ткацкаго челнока).

ткацкаго челнока. Проволока, какъ видно изъ фигуры 332, намотана по длинѣ цилиндра. Въ первой своей машинѣ Сименсъ помѣстилъ этотъ якорь между вѣтвями наводящей системы, состоявшей изъ двадцати восьми подковообразныхъ магнитовъ, расположенныхъ другъ возлѣ друга, такимъ образомъ, что всѣ одноименные полюсы находились на одной прямой линіи. Указаннымъ устройствомъ сплошной наводимой системы (катушки), очевидно, избѣгается потеря пространства, проистекавшая, въ предъидущихъ машинахъ, отъ того, что между отдѣльными катушками оставались ничѣмъ незанятые промежутки.

Еслибъ якорь состоялъ изъ одного только оборота, движущагося, въ однородномъ полѣ, вокругъ оси, перпендикулярной къ направленію поля (*фиг.* 333), то,—какъ легко убѣдиться, прилагая къ этому случаю, напр., правило трехъ пальцевъ, — токи, возбуждаемые въ частяхъ f и f', имѣли бы въ каждый моментъ противоположныя направленія, которыя измѣнялись бы при каждомъ вступленіи плоскости оборота въ положеніе, перпендикулярное полю. Какъ же получить во внѣшней цѣпи токъ неизмѣняющагося направленія?—Для этой цѣли на ось, около которой вращается оборотъ, накладываются двѣ полу-цилиндрическія металлическія пластинки, изолированныя одна отъ другой и соединяемыя одна съ f, другая—съ f'. Двѣ металлическія пружины, или *щетки*, къ которымъ примыкаютъ концы внѣшней цѣпи, нажимаютъ—въ нашемъ случаѣ (*фиг.* 333)—верхняя на пластинку, соединненную съ f', а нижняя—на пластинку, соединющеюся съ f. Каждый разъ въ тотъ моментъ, когда въ f и f' направленіе наведенныхъ токовъ мѣняется, щетки мѣняются пластинками, на которыя онѣ нажимаютъ, благодаря чему направленіе тока во внѣшней цѣпи во все время дѣйствія аппарата поддерживается неизмѣннымъ.

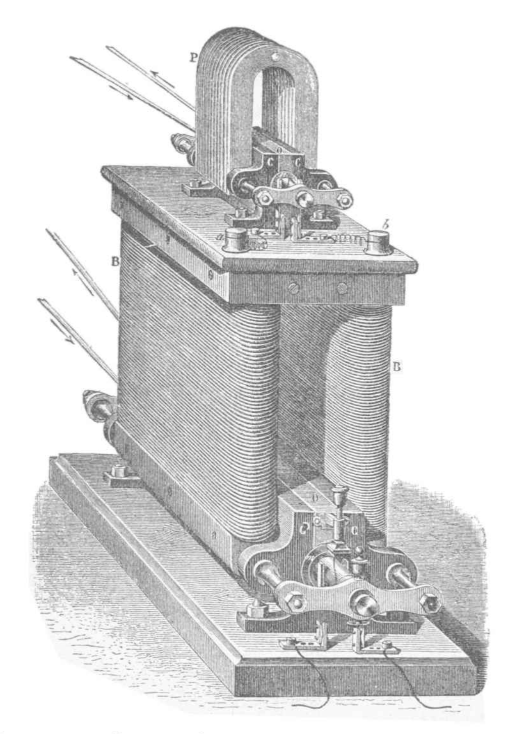


Фиг. 333.—Катушка Сименса въ видѣ одного оборота.

Наводимой системой Сименса, какъ болѣе выгодной, не замедлили воспользоваться и всѣ остальные строители. Вскорѣ послѣ этого дошла очередь и до преобразованія наводящей системы. Именно, Синстеденъ и Соренъ Іёртъ предложили пользоваться въ качествѣ индукторовъ не постоянными, очень дорогими магнитами, а электромагнитами, возбуждаемыми токомъ отъ гальванической ба-

тареи или магнито-электрической машины. Такимъ образомъ, машина магнито-электрическая превратилась въ *динамо-электрическую*.

Такую динамо-машину устроилъ Вильдъ, въ 1864 г. Два вертикальные электромагнита B,B *возбуждаются* токомъ, доставляемымъ небольшой магнито-электрической машиной P (*фиг.* 334). Между оправами (полярными придатками) электромагнитовъ остается цилиндрическое пространство, въ которомъ вращается катушка Сименса. Движеніе сообщается катушкѣ посредствомъ безконечнаго ремня, обхватывающаго ось послѣдней и валъ особаго двигателя. Ма-



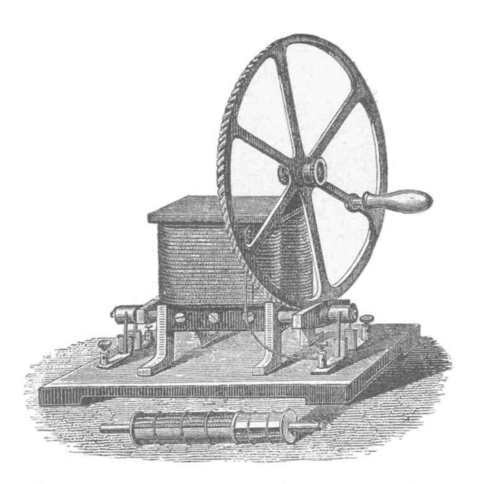
Фиг. 334.—Динамо-машина Вильда, возбуждаемая независимой магнито-электрической машиной P.

шина Вильда имѣла большой успѣхъ на парижской выставкѣ 1867 г. Катушка у маленькой магнито-электрической машинки дѣлала 2400, а у динамо-машины 1500 оборотовъ въ минуту.

На ряду съ машиной Вильда сходная машина, но съ двумя важными особенностями, была выставлена Лэддомъ. У нея наводимую систему составляли двѣ катушки Сименса, лежавшія на одной горизонтальной прямой (*фиг.* 335), причемъ лѣвая катушка доставляла токъ во внѣшнюю цѣпь, а правая—въ обмотку электромагнита.

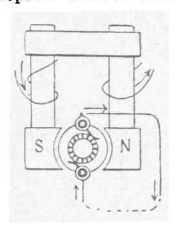
Но какимъ образомъ могла дѣйствовать эта машина, не заключавшая въ себѣ ни постоянныхъ магнитовъ, ни гальванической батареи?—Благодаря есте-

ственному магнитизму желѣзной обертки, помѣщенной въ земномъ магнитномъ полѣ, усиливаемому механическими дѣйствіями. Помимо того, если разъ пустить токъ въ электромагнитъ, этотъ послѣдній навсегда сохранитъ остаточный магнитизмъ, котораго будетъ достаточно для возбужденія машины въ любой моментъ; развивающійся при началѣ движенія слабый токъ все болѣе и болѣе усиливается и скоро достигаетъ своей нормальной величины. Машины Вильда и Лэдда называются машинами съ *независимымъ* возбужденіемъ.



Фиг. 335.—Машина Лэдда, заряжаемая остаточнымъ магнитизмомъ и затѣмъ возбуждаемая катушкой Сименса.

Но спрашивается, нельзя ли обходиться безъ вспомогательной катушки, безъ возбужденія машины особой цѣпью (*фиг.* 336), а пользоваться для этой цѣли тѣмъ же самымъ токомъ, который направляется во внѣшнюю цѣпь? Эта мысль впервые была высказана Сореномъ Іёртомъ въ 1855 г.,—о чемъ свидѣтельствуетъ полученный имъ въ этомъ году патентъ,—но она прошла незамѣченной и оставалась безъ результатовъ до 1866 г., когда она одновременно стала примѣняться къ дѣлу А. Варлеемъ, Вернеромъ Сименсомъ и Ч. Уитстономъ. Тогда-то окончательно былъ установленъ планъ построенія настоящей динамо-машины.

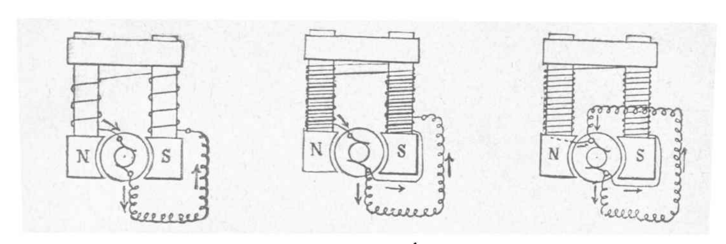


Фиг. 336.—Динамо-машина съ независимымъ возбужденіемъ.

Возбужденіе наведеннымъ токомъ можетъ происходитъ различными способами: если въ электромагнитѣ проходитъ весь токъ, то возбужденіе называютъ происходящимъ *послѣдовательно* (*фиг.* 337), если по проволокѣ электромагнита пробѣгаетъ только часть тока, то возбужденіе происходитъ путемъ *отвѣтвленія* (*фиг.* 338). Иногда полезно бываетъ комбинировать эти два способа; тогда возбужденіе машины называютъ *смѣшаннымъ* (*фиг.* 338).

Начиная съ 1867 г., улучшенія вводившіяся въ динамо-машину распространялись уже только на форму и конструкцію наводимой системы. Въ 1869 г. явилась Граммова наводимая система—въ формѣ кольца. Случай и тутъ сыгралъ свою роль.

Работая надъ моделью одной машины для компаніи *Союзъ*, Граммъ *), простой рабочій, придумалъ для удовлетворенія своей безпримѣрной любознательности, собственную теорію индуктивныхъ токовъ, а чрезъ длинный рядъ мѣ-

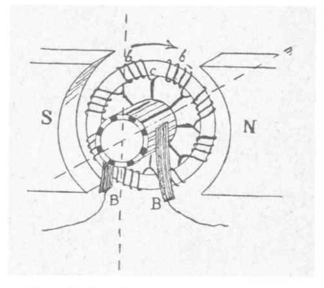


Фиг. 337. — Динамо-машина съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ (послѣдовательная).

Фиг. 338.—Возбужденіе путемъ отвѣтвленія (отвѣтвленная машина).

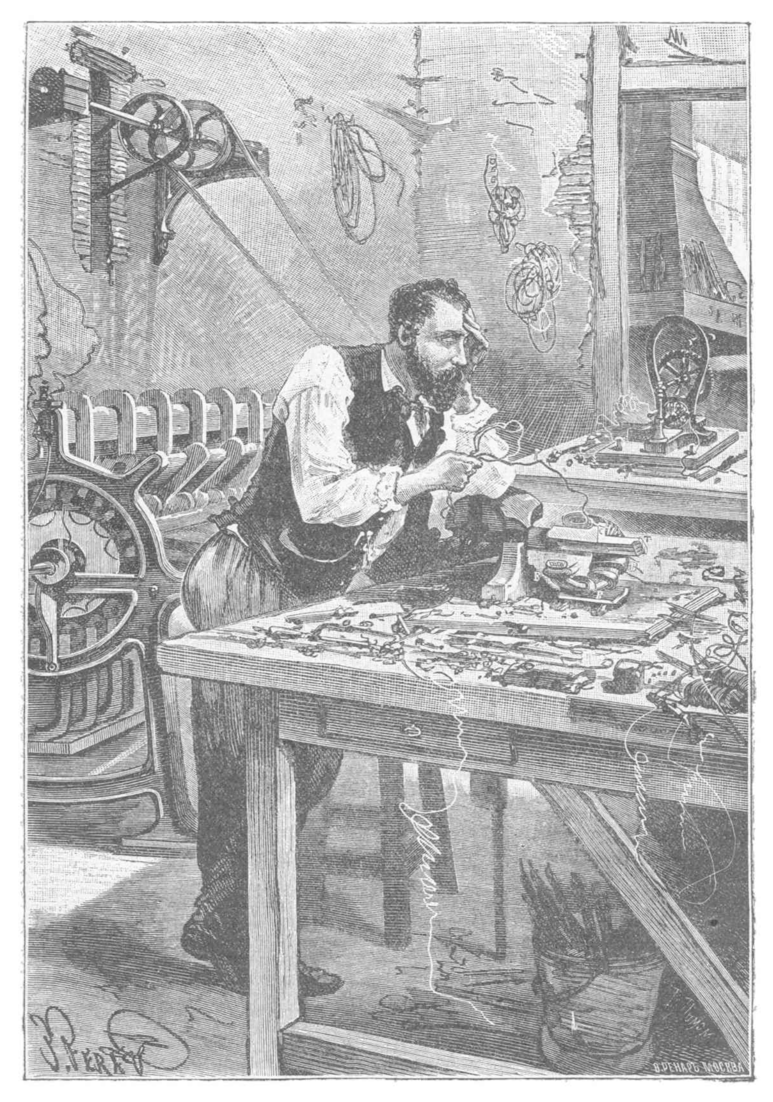
Фиг. 339. Машина со смѣшаннымъ возбужденіемъ (смѣшанная).

сяцевъ упорнаго труда имъ было окончено устройство новой индукціонной машины, съ тѣмъ оригинальнымъ якоремъ въ видѣ кольца, которому суждено было пріобрѣсти такое громадное значеніе въ дѣлѣ устройства современныхъ динамо-машинъ. Эта Граммова наводимая система состоитъ изъ мѣдной проволоки, намотанной въ видѣ четнаго числа одинаковыхъ спиралей на кольцо, сдѣланное изъ покрытыхъ лакомъ желѣзныхъ проволокъ. Это кольцо имѣетъ то преимущество предъ обыкновеннымъ, что при немъ въ значительной мѣрѣ устраняются вредные токи Фуко. Каждая проволочная петля *e*, идущая отъ одной спирали къ другой, слѣдующей за ней, соединяется съ одной изъ сторонъ мѣднаго натгольника, другая сторона котораго *T* расположена перпендикулярно къ плоскости кольца.



Фиг. 340.—Схема наводимой системы Грамма. Уголъ поворота щетокъ *B*, *B*.

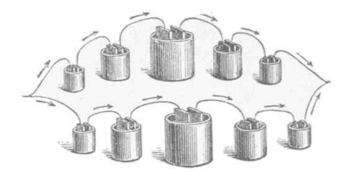
*) Зенобу Грамму, родившемуся 4-го апр. 1826 года, въ провинціи Льежъ, было 34 года, когда онъ прибылъ въ Парижъ и въ качествѣ столяря-лѣпщика поступилъ на фабрику промышленной компаніи *Союзъ*, которая строила магнито-электрическія машины Нолле для доставленія электрическаго свѣта маякамъ. Живо заинтересованный таинственными явленіями индукціи, приложеніемъ которыхъ являлись эти машины, онъ сталъ пытаться найти имъ какое-нибудь объясненіе; не получивъ никакого образованія, Граммъ, подобно Паскалю, вновь изобрѣтшему геометрію, самъ придумалъ для себя теорію электричества. Какъ-то разъ, въ періодъ этихъ его занятій ему случайно попалась подъ руки руководство физики; это было для него откровеніемъ. Спустя нѣсколько лѣтъ усердной работы, уже перешедши на фабрику Румкорфа и усовершенствовавши машины *Союза*, онъ въ 1869 г. придумалъ свое кольцо, а въ 1872 г. устроилъ первую вполнѣ пригодную для промышленныхъ цѣлей динамо-машину,—этотъ ключъ ко всѣмъ великимъ приложеніямъ электричества къ промышленности. Понятно, какой почетъ, какія награды должны были достаться на долю счастливаго изобрѣтателя; одна за другой слѣдовали: большая премія Общества поощренія, большія преміи на выставкахъ 1878 и 1881 гг., національная награда въ двадцать тысячъ франковъ отъ французскаго правительства и знаменитая пятидесятитысячная премія Вольты. Избранный уже ранѣе кавалеромъ ордена Почетнаго Легіона, онъ въ февралѣ 1889 г. былъ провозглашенъ офицеромъ названнаго ордена.



Придумавъ для себя теорію электричества, Граммъ уже спустя немного лѣтъ усердной работы окончилъ устройство своего знаменитаго *кольца*.

Совокупность горизонтальныхъ вѣтвей всѣхъ согнутыхъ пластинокъ (наугольниковъ) образуетъ насаженный на ось цилиндръ, извѣстный подъ названіемъ *коллектора* (собирателя токовъ).

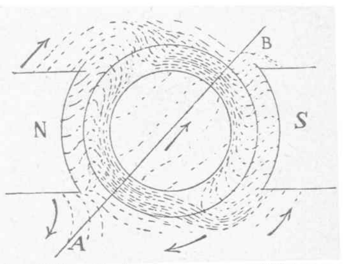
„Наводимая проволока, — говоритъ Клемансо въ своей книгѣ о динамомашинахъ, — обыкновенно изолируется двумя слоями бумажныхъ нитей, навитыми по противоположнымъ направленіямъ, или же однимъ бумажнымъ и однимъ шелковымъ слоями. Пластинки коллектора отдѣляются одна отъ другой листами горнаго льна, картона или какого-либо иного изолирующаго вещества; наконецъ, для того, чтобы проволоки не отдѣлялись другъ отъ друга при вращеніи, кольцо крѣпко обвивается снаружи желѣзной проволокой или просмоленными шнурками. Въ такомъ видѣ кольцо наглухо, помощью деревянныхъ подкладокъ, насаживается на валъ машины, а коллекторъ зацѣпляется на томъ же валу однимъ или двумя изолированными бронзовыми кольцами. Въ настоящее время Граммово кольцо дѣлается нѣсколько иначе: собственно кольцо остается прежнее, но коллекторъ представляетъ собою надѣтый на валъ изолирующій цилиндръ, въ который вдѣланы собирающія пластинки, отдѣленныя одна отъ другой картонными прослойками“.



Фиг. 342.—Батарея изъ элементовъ, изъ которыхъ каждый дѣйствуетъ подобно спирали въ Граммовомъ кольцѣ.

Пользуясь тѣмъ или другимъ изъ вышеуказанныхъ трехъ правилъ, легко убѣдиться, что при вращеніи кольца между полярными придатками индуктора (какъ это представлено на фигурѣ 296), по спиральнымъ оборотамъ кольца, находящимся справа отъ вертикальнаго діаметра, должны проходить токи такого направленія, какое указываютъ стрѣлки 1 и 4, а по оборотамъ, лежащимъ съ лѣвой стороны,—токи противоположнаго направленія, именно такого, какое изображаютъ стрѣлки 2 и 3; кромѣ того, индукція въ отдѣльныхъ спираляхъ должна быть тѣмъ слабѣе, чѣмъ онѣ ближе къ вертикальному діаметру.

Если устроить такъ, чтобы щетки нажимали всегда на тѣ двѣ діаметрально-противоположныя пластинки коллектора, которыя въ данный моментъ лежатъ по вертикальному діаметру, то оба противоположные тока будутъ впадать во внѣшнюю цѣпь по одному и тому же направленію. При этомъ правыя и лѣвыя спирали будутъ дѣйствовать, подобно двумъ соединеннымъ своими одноименными полюсами, послѣдовательнымъ гальваническимъ батареямъ, у каждой изъ которыхъ (*фиг.* 342) электродвижущая сила убываетъ отъ середины къ концамъ.

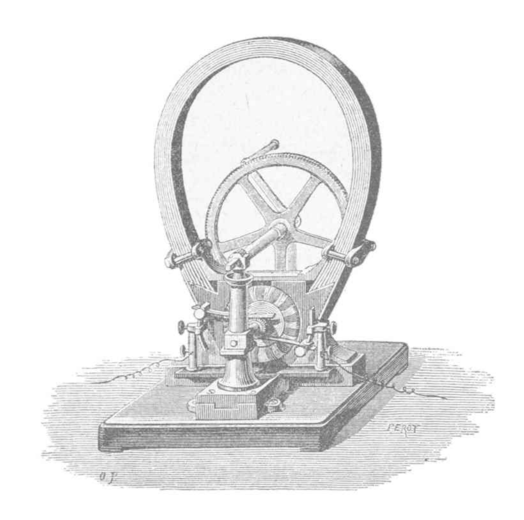


Фиг. 343. — Измѣненіе силовыхъ линій и магнитнаго поля въ машинѣ Грамма при вращеніи кольца.

Такимъ образомъ, теорія дѣйствія Граммова кольца, какъ мы видимъ, совершенно проста. Движеніе этого кольца производитъ во внѣшней цѣпи токъ постояннаго направленія (непрерывный, прямой). Сила же тока измѣняется каждый разъ, когда чрезъ вертикальный діаметръ проходитъ новая пластинка, такъ какъ при этомъ бываетъ такой моментъ, когда щетки соприкасаются каждая съ двумя смежными пластинками коллектора заразъ, благодаря чему замыкаются въ самихъ себѣ и выдѣляются изъ цѣпи соотвѣтствующія двѣ спирали; само собою разумѣется, что степень проистекающаго отсюда ослабленія силы тока тѣмъ меньше, чѣмъ меньше оборотовъ заключается въ выдѣленныхъ спи-

раляхъ или чѣмъ больше спиралей на кольцѣ. Такимъ образомъ, динамо-машины даютъ токъ не строго постоянной силы.

Если мы станемъ слѣдить за направленіемъ тока, пробѣгающаго въ обѣихъ половинахъ наводимой проволоки, то замѣтимъ, что онъ стремится обратить сердечникъ кольца въ такой магнитъ, полюсы котораго лежали бы на концахъ вертикальнаго діаметра; но вслѣдствіе того, что это намагниченіе складывается съ намагниченіемъ сердечника, производимымъ окружающимъ его магнитнымъ полемъ, тѣ точки, въ которыхъ измѣняется направленіе тока, перемѣщаются на линію AB (*фиг.* 343), образующую съ вертикальнымъ діаметромъ нѣкоторый уголъ въ сторону вращенія кольца. Уголъ этотъ называется *угломъ поворота* (установки) *щетокъ*, такъ какъ положеніе щетокъ должно быть именно на линіи



Фиг. 344.—Магнито-электричексая машина Грамма.

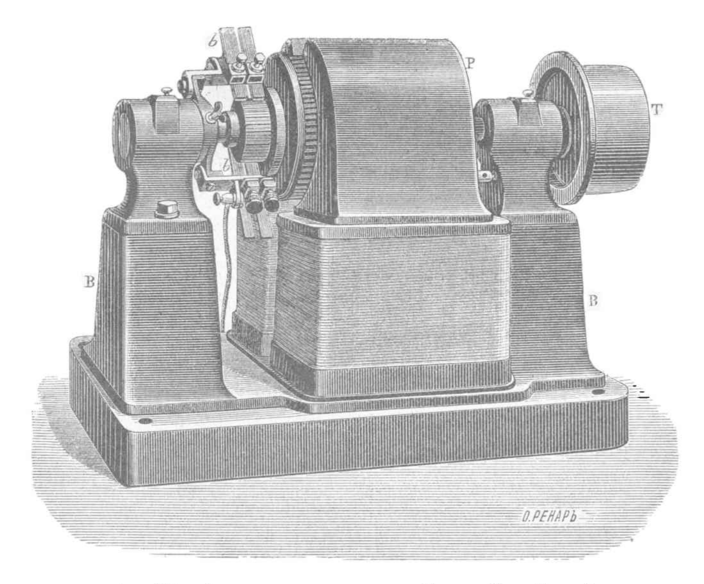
AB. На практикѣ легко находятъ этотъ уголъ, выбирая для щетокъ такое положеніе, при которомъ величина искръ, пробѣгающихъ между ними и коллекторомъ, доводится до минимума.

Тѣ части наводимой проволоки, которыя лежатъ на внутренней поверхности сердечника, являются непроизводительными, такъ какъ онѣ при своемъ движеніи не пересѣкаютъ силовыхъ линій. Еслибъ эти послѣднія, вмѣсто того, чтобы проходить въ массѣ кольца, проходили бы черезъ него, то наводимая система Грамма, какъ показываетъ любое изъ правилъ, опредѣляющихъ направленіе индуктивныхъ токовъ, была бы никуда не годною, такъ какъ двѣ половины каждаго оборота спирали постоянно подвергались бы взаимно-обратнымъ индукціямъ. Правда, въ цилиндрическомъ якорѣ, безъ всякаго дѣйствія остаются только тѣ части проволоки, которыя проходятъ по основаніямъ цилиндра, но за то прочная установка такой системы достигается съ большимъ трудомъ и ремонтъ ея стоитъ гораздо дороже.

На фигурѣ 344 изображена магнито-электрическая машина съ наводимой

системой Грамма. Съ коллекторомъ сверху и снизу соприкасаются щетки, изъ мѣдныхъ проволокъ, прикрѣпленныя къ борнамъ, къ которымъ примыкаютъ концы внѣшней цѣпи. Система зубчатыхъ колесъ позволяетъ сообщать якорю быстрое вращательное движеніе. На публичныхъ чтеніяхъ, помощью такой машины, имѣющейся во всякой лабораторіи, можно легко распилить тонкую проволоку, разложить воду и т. п.

Фигура 345 представляетъ превосходную динамо-машину Грамма съ непрерывнымъ (прямымъ) токомъ. Полые сердечники двухъ вертикальныхъ электромагнитовъ отлиты изъ чугуна вмѣстѣ съ рамой машины. Щетки *b*, *b*, коллекторъ и кольцо устроены такъ, какъ было указано выше. Кольцу сообщается вращательное движеніе между полярными придатками P электромагнитовъ посредствомъ безконечнаго ремня, обхватывающаго барабанъ T.



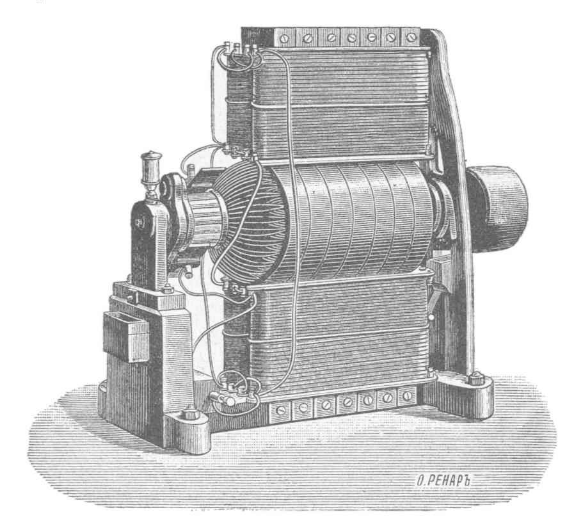
Фиг. 345.—Динамо-электрическая машина Грамма. (Верхній типъ).

Мы не станемъ описывать всѣхъ существующихъ типовъ машинъ, такъ какъ въ этомъ нѣтъ никакой надобности: читатель уже настолько освоился съ различными органами интересующихъ насъ машинъ, что легко узнаетъ ихъ при простомъ разсматриваніи соотвѣтствующихъ чертежей въ періодическихъ изданіяхъ или спеціальныхъ руководствахъ.

Фигура 346 представляетъ ту форму машины Сименса, которая строится въ настоящее время; фигура 353—новѣйшій образецъ ея, эксплоатируемый компаніей Эдиссона. Якорь у этихъ машинъ имѣетъ форму ткацкаго челнока; длина магнитной цѣпи (т. е. путь силовыхъ линій), сдѣлана какъ можно меньше; точно также уменьшено непроизводительное промежуточное пространство между подвижной катушкой и полюсами.

Фигура 349 изображаетъ динамо-машину Уэстинггауза, непосредственно приводимую въ движеніе установленнымъ рядомъ съ нею, на одномъ и томъ же осно-

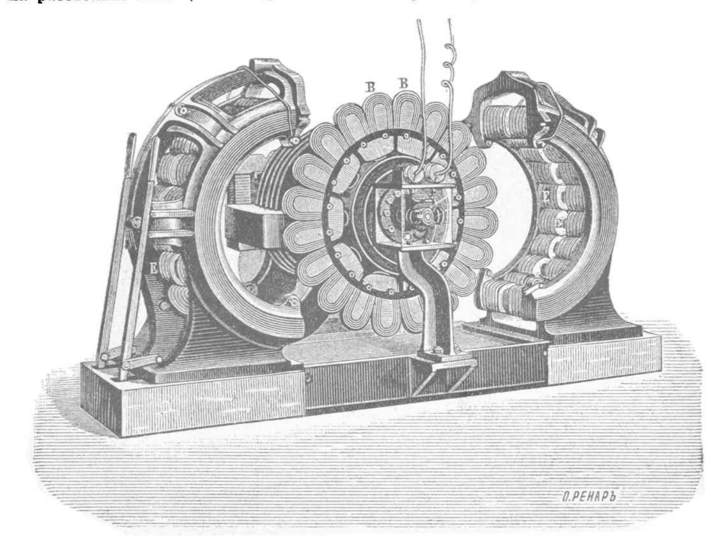
ваніи, скорымъ паровымъ двигателемъ. Укажемъ также на машину Ферранти, съ перемѣнными (чередующимися) токами, которая при своемъ появленіи, въ 1882 г., надѣлала не мало шуму. Наводимая система состоитъ изъ мѣдной ленты, сложенной въ видѣ звѣзды съ 20 лучами (*фиг.* 347); она вращается между двумя рядами электромагнитовъ (индукторъ) съ чередующимися полюсами, такъ что въ каждый моментъ изъ двухъ смежныхъ лучей арматуры одинъ приближается къ одному изъ сѣверныхъ полюсовъ, а другой къ одному южному; вслѣдствіе этого въ данныхъ двухъ лучахъ возбуждаются токи обратныхъ направленій, складывающіеся въ одинъ непрерывный, т. е. направленіе тока, получившагося отъ слiянiя двухъ смежныхъ токовъ, совпадаетъ съ направленіемъ мѣдной ленты. Обыкновенно, для полученія болѣе сильной машины, арматуру составляютъ изъ нѣсколькихъ лентъ, расположенныхъ одна надъ другой и изолированныхъ полосками картона.



Фиг. 346.—Динамо-машина Сименса.

Теперь наша цѣль достигнута. Мы имѣемъ въ своемъ распоряженіи генераторы электрической энергіи, питаемые той или иной механической энергіей, нерѣдко даровой, каковы: энергія водопадовъ, вѣтровъ и т. п. Такимъ образомъ, благодаря возможности имѣть электрическую энергію при ничтожныхъ затратахъ, падаетъ главное неудобство, представлявшееся въ прежнее время при употребленіи электрическихъ двигателей. Но болѣе того: сопоставляя между собою выводы изъ законовъ электромагнитизма съ выводами изъ законовъ индукціи, легко видѣть, что электрическій двигатель долженъ въ то же самое время быть и генераторомъ электричества и наоборотъ — генераторъ — двигателемъ. Въ самомъ дѣлѣ, стоитъ только пустить токъ въ проволоку наводимой системы какой-нибудь динамо-машины для того, чтобъ эта система, какъ это слѣдуетъ предвидѣть на основаніи относящихся сюда законовъ, приняла вращательное движеніе въ сторону, обратную той, въ какую она должна была бы вращаться для произведенія такого тока, какой былъ пущенъ. Въ этомъ случаѣ динамо-машина дѣйствуетъ какъ *пріемникъ*.

Въ настоящее время даже трудно понять, какъ не бросалось въ глаза прежнимъ изслѣдователямъ присущее индукціоннымъ машинамъ свойство *оборотности*. Правда, уже Якоби замѣтилъ, что стрѣлка гальванометра, введеннаго въ такую цѣпь, которая заключаетъ въ себѣ гальваническую батарею вмѣстѣ съ электрическимъ двигателемъ, тѣмъ болѣе приближается къ нулю, чѣмъ быстрѣе вращеніе двигателя; что этотъ послѣдній дѣйствуетъ подобно элементамъ, *противопоставленнымъ* *) элементамъ батареи. Съ своей стороны, Пачинотти писалъ въ 1864 г., что его двигатель, приводимый во вращеніе рукою, поддерживаетъ въ цѣпи токъ постояннаго направленія. Но первая публичная демонстрація оборотности машины Грамма, т. е. первый опытъ передачи силы на разстояніе помощью тождественныхъ снарядовъ, былъ произведенъ Фонтэ-



Фиг. 347.—Динамо-машина Ферранти съ алтернативнымъ токомъ.

номъ и Брегé не далѣе какъ 3-го іюня 1873 г., на вѣнской выставкѣ. Двѣ машины Грамма, соединенныя между собой двумя проводниками, были помѣщены въ небольшомъ разстояніи одна отъ другой; генераторъ приводился въ дѣйствіе газовымъ двигателемъ, а пріемникъ приводилъ въ движеніе водяной насосъ. Послѣ этого опыта вопросъ о передачѣ энергіи на разстояніе былъ какъ бы забытъ на нѣсколько лѣтъ, и только въ 1877 г. мы снова встрѣчаемъ осуществленіе такой передачи въ центральномъ артиллерійскомъ депо, гдѣ дѣлительная машина приводилась въ дѣйствіе двигателемъ Фромана, получавшимъ токъ отъ машины Грамма, которую приводилъ въ движеніе паровой двигатель, помѣщавшійся на заводѣ; позднѣе двигатель Фромана былъ замѣненъ другой машиной Грамма; разстояніе между генераторомъ и пріемникомъ было 60 метровъ.

Въ мастерскихъ парижской компаніи Валь-д'Оснъ машину Грамма, доставлявшую токъ для гальванопластическихъ работъ, приводила въ движеніе дру-

*) Противопоставленіемъ двухъ электропроизводителей называется соединеніе ихъ одноименныхъ полюсовъ; при такомъ соединеніи дѣйствія электровозбудителей вычитаются.

гая такая же машина, соединенная съ паровымъ двигателемъ и помѣщавшаяся на разстояніи 160 метровъ отъ первой.

Болѣе важный опытъ былъ сдѣланъ въ маѣ 1879 г. Кретьеномъ и Феликсомъ на Сермэзскомъ сахарномъ заводѣ (Марна). Въ двухъ противоположныхъ концахъ поля, которое предстояло вспахать электричествомъ, были помѣщены двѣ машины Грамма, которыя должны были дѣйствовать какъ пріемники; при этомъ одинъ изъ пріемниковъ находился на разстояніи 400 метровъ отъ генератора, стоявшаго на заводѣ и приводившагося тамъ въ движеніе паровымъ двигателемъ, а другой—на разстояніи 650 метровъ отъ завода. Пріемники по-



Фиг. 348.—Катящійся электрическій мостъ, въ машинной галлереѣ на Всемірной выставкѣ 1889 г.

очередно тащили плугъ при посредствѣ вóрота. Соединительная мѣдная проволока имѣла 2 миллиметра въ толщину.

Нѣсколько мѣсяцевъ спустя, въ такихъ же опытахъ Менье въ Нуазьелѣ, энергія. доставлявшаяся водопадомъ, передавалась одинъ разъ на 700 метровъ, а другой—на три километра. Въ томъ же году на шотландскомъ заводѣ, одинъ пріемникъ, приводимый въ движеніе турбиною, былъ соединенъ проволокою съ другимъ пріемникомъ, приводившимъ въ дѣйствіе циркулярную пилу, токарный станокъ и сверлильную машину. На Буржскомъ артиллерійскомъ литейномъ заводѣ были установлены растягивательныя машины, употребляющіяся для испытанія упругости растяженія различныхъ матеріаловъ. Тамъ же спеціальный

пріемникъ приводилъ въ движеніе катящіеся журавли, вѣсомъ въ 1300 пудовъ, при помощи которыхъ ворочались большія пушки. Въ настоящее время въ портахъ, на желѣзнодорожныхъ станціяхъ и т. п. товары передвигаются посредствомъ электрическихъ кабестановъ (вертикальныхъ воротовъ) и горизонтальныхъ воротовъ, приводимыхъ въ движеніе динамо-машиной или аккумуляторами. На станціи Ля-Шапелль, одной изъ важнѣйшихъ въ мірѣ, аккумуляторы заряжаются чрезъ день; электрическіе вороты на названной станціи устроены весьма просто: они состоятъ изъ двухъ динамо-машинъ, установленныхъ на четырехколесной телѣжкѣ. Одна изъ этихъ динамо-машинъ приближаетъ или удаляетъ тяжесть, а другая—поднимаетъ или опускаетъ ее. Въ теченіе получаса помощью такою ворота можно убрать сто кулей или передать грузъ вѣсомъ въ 150 килогр. на разстояніе 23 метровъ.

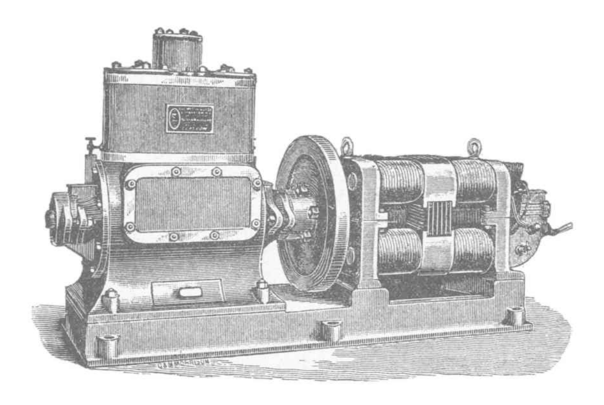
„Кто изъ посѣтителей выставки,—писалъ А. Верне въ одной изъ своихъ „Научныхъ бесѣдъ“,—не прокатился съ удовольствіемъ по всему машинному отдѣлу на одномъ изъ мостовъ *(фиг. 348)*, покоящихся на четырехъ рядахъ желѣзныхъ перекладинъ, служащихъ опорою для передаточныхъ механизмовъ безчисленнаго множества машинъ. На этихъ перекладинахъ, поддерживаемыхъ легкими чугунными колоннами, проложены рельсы, по которымъ, на каткахъ, движется мостъ. Обыкновенно всегда есть много охотниковъ быстро, дѣйствіемъ какой-то невидимой силы, пронестись по всему четырехсотметровому протяженію отдѣла, надъ массою машинъ, совершающихъ свою обычную работу. Эти мосты, представляющіе громадную площадь въ 90 квадр. метровъ (18 метр. длины и 5 метр. ширины), приводятся въ движеніе помощью электричества. Механизмъ передвиженія моста слѣдующій. Паровая машина Уэстинггауза въ 25 лошадиныхъ силъ приводитъ въ движеніе динамо-машину Грамма, отъ которой токъ по двумъ кабелямъ проводится къ другой динамо-машинѣ (пріемнику), находящейся на мосту. Движеніе передается путемъ тренія: ось пріемника при помощи вальковъ приводитъ въ движеніе другую ось, служащую для предачи троякаго рода движеній; одно изъ послѣднихъ есть движеніе, сообщаемое мосту; два же другіе рода движенія пускаются въ ходъ тогда, когда требуется поднять какую-либо тяжесть или перемѣстить ее въ горизонтальномъ направленіи. Необходимо замѣтить, что описанные катящіеся мосты предназначаются собственно не для той цѣли, о которой только что было говорено; при помощи ихъ въ огромныхъ нынѣшнихъ металлургическихъ мастерскихъ передвигаются тяжести гораздо удобнѣе, чѣмъ въ былыя времена, когда для этого существовали только подъемные журавли, такъ что грузъ приходилось передавать съ крюка одного журавля на крюкъ другого. Если вы обойдете тѣ части выставки, гдѣ находятся чудовищной величины предметы—толстѣйшія блинды, ломаныя мачты новѣйшихъ пароходовъ, пушки, напоминающія огромныя телескопы.—вамъ станутъ понятны старанія строителей придумать удобные способы передвиженія по мастерскимъ этихъ тяжелыхъ вещей, которыя выростаютъ лишь постепенно и которыя часто приходится быстро передавать изъ одного пункта мастерской въ другой. Въ этомъ-то отношеніи катящіеся мосты и оказываютъ неоцѣнимыя услуги. Тамъ, гдѣ эти мосты употребляются—на большихъ фабрикахъ и заводахъ,—они, однако-же, обыкновенно приводятся въ движеніе паровыми машинами, а не электричествомъ, какъ на выставкѣ“.

Съ 1883 г. передачу энергіи на разстояніе стали прилагать къ горному дѣлу. Въ Перроньерѣ (Луара) такимъ путемъ перевозились вагоннетки и тележки, въ другихъ мѣстахъ электричествомъ приводились въ дѣйствіе черпальныя машины (Дэнъ-Форстскія, Талернскія каменноугольныя копи). Въ Бьеннѣ (Швейцаріи) сила теченія окрестнаго горнаго потока приводила въ дѣйствіе различные рабочіе инструменты на часовой фабрикѣ.

Чтобы показать, насколько многообразны примѣненія, которымъ можетъ подлежать электрическая энергія, прибавимъ еще, что она нашла удачное приложеніе къ воздухоплаванію, къ передвиженію трамваевъ и т. п. Однако же, Фран-

ція сильно отстала въ этомъ отношеніи. Въ то время, какъ Америка насчитываетъ 238 Обществъ электрическихъ желѣзныхъ дорогъ или трамваевъ съ 2678 километрами пути и 2938 вагонами, во Франціи имѣется до сихъ поръ всего два электрическихъ трамвая. Одинъ изъ нихъ ходитъ между бульваромъ Маделэнъ и площадью Курсель; это вагонъ, по виду ничѣмъ не отличающійся отъ вагоновъ конно-желѣзныхъ дорогъ; электрическій двигатель скрытъ. Управляетъ движеніемъ одинъ человѣкъ; электрическая энергія доставляется заряжаемыми на станціяхъ аккумуляторами. Скорость движенія регулируется путемъ соотвѣтствующаго измѣненія вводимаго въ цѣпь сопротивленія (т. е. путемъ измѣненія длины вводимой въ цѣпь проволоки); движеніе въ ту или другую—обратную сторону зависитъ отъ направленія тока. Вмѣсто щетокъ, которыя обыкновенно дѣлаются изъ мѣдныхъ пластинокъ или проволокъ, здѣсь употребляются угольныя пластинки, дающія меньше искръ; передача движенія производится зубчатыми колесами, насаженными на двигательныя оси.

Въ американской системѣ, гдѣ нужны динамо-машины—въ качествѣ генератора тока—и проволоки, имѣется мѣдный проводникъ, развѣтвляющійся, когда



Фиг. 349.—Непосредственное соединеніе паровой машины съ динамо-машиной Уэстинггауза.

нужно, и сообщающійся съ положительнымъ полюсомъ машины; цѣпь дополняютъ рельсы, соединенные съ отрицательнымъ полюсомъ.

Примѣненіе аккумуляторовъ въ этомъ дѣлѣ, въ сравненіи съ подвижными динамо-машинами, представляетъ, главнымъ образомъ, ту выгоду, что при системѣ аккумуляторовъ можно давать центральнымъ станціямъ, работающимъ для электрическаго освѣщенія только ночью, и дневную работу—заряженіе аккумуляторовъ, безъ чего они бездѣйствовали бы половину времени.

Второй электрическій трамвай ходитъ въ Оверни по совершенно ровной дорогѣ между Клермонъ-Ферраномъ и Руайа, надъ которой господствуетъ гора Мондоръ. Тутъ на протяженіи 7 километровъ имѣется семь станцій. Движеніе доставляется не аккумуляторами. Электрическій токъ пробѣгаетъ по боковому проводнику, укрѣпленному на столбахъ; вагонъ движется по рельсамъ, соединенный съ боковымъ проводникомъ посредствомъ проволоки съ саннымъ аппаратомъ. По этому пути токъ вступаетъ въ электродвигатель, помѣщающійся въ вагонѣ. Заводъ, доставляющій токъ, находится на станціи Клермонъ-Ферранъ. Въ немъ помѣщается двигатель Фаркô въ 150 лошадиныхъ силъ, приводящій въ движеніе динамо-машину Тюри въ 6 полюсовъ, которая даетъ токъ въ 300 вольтъ и 400

амперовъ; токъ пробѣгаетъ по мѣдному проводнику, поддерживаемому желѣзными столбами вышиною въ 8 метровъ и разставленными въ разстояніи 40 метровъ одинъ отъ другого. Имѣется только одинъ проводникъ; обращеніе тока производится вагономъ и рельсами. Проводникъ представляетъ изъ себя мѣдную трубку, съ квадратнымъ сѣченіемъ и расщепленной нижней стѣнкою. Внутри трубки скользитъ челнокъ, длиною въ 48 сантиметровъ, снабженный внизу крючкомъ, за который зацѣпляется идущая отъ вагона проволока. При движеніи трамвая крючокъ съ челнокомъ перемѣщаются вдоль упомянутой щели у проводника; такимъ образомъ токъ безпрерывно доставляется въ вагонъ, гдѣ установлена динамо-машина, играющая роль пріемника. Этой-то машиной и приводятся въ движеніе колеса. Кучеръ помѣщается на передней площадкѣ; подъ руками у него коммутаторъ, позволяющій регулировать скорость хода; скорость эта не должна превышать 20 километровъ въ часъ.

Въ 1881 г. Марсель Депре́ произвелъ важные опыты по вопросу о распредѣленіи электрической энергіи при передачѣ ея; разстояніе между генераторомъ и пріемниками было не болѣе 1000 метровъ. Въ настоящее время изученіе этого вопроса еще не закончено; очевидно, что вполнѣ практическое рѣшеніе задачи сводится къ слѣдующему:

1) Всѣ пріемные аппараты должны получать лишь такое количество энергіи, какое имъ необходимо—ни болѣе, ни менѣе того: такъ, швейная машина требуетъ не столько энергіи, сколько воротъ.

2) Эти пріемники должны дѣйствовать независимо: остановка тѣхъ или иныхъ изъ нихъ не должна вліять на работу остальныхъ.

3) Названные результаты должны достигаться автоматически и мгновенно однимъ дѣйствіемъ даннаго аппарата безъ участія приставленныхъ лицъ.

4) Генераторъ долженъ въ каждый моментъ доставлять лишь такое количество энергіи, какого требуютъ всѣ работающіе въ данный моментъ аппараты.

5) Наконецъ, спеціальный счетчикъ долженъ показывать количество энергіи, израсходованное каждымъ абонентомъ всей сѣти, питаемой даннымъ генераторомъ.

Мы, конечно, не станемъ разбирать техническихъ трудностей, представляющихся при рѣшеніи затронутаго здѣсь вопроса

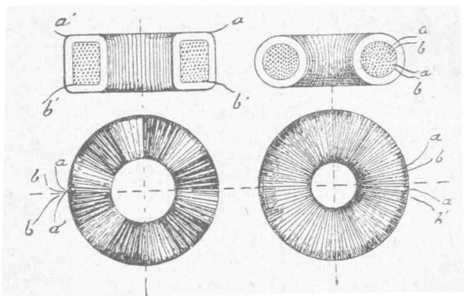
Замѣтимъ, что все, сказанное до сихъ поръ о предачѣ энергіи на разстояніе, относилось только къ передачѣ на небольшія разстоянія. Для того, чтобы узнать, какъ измѣняется дѣло при значительномъ разстояніи генераторовъ отъ отъ пріемниковъ, Марсель Депре́ обратился къ опыту. Предварительно онъ воспользовался всѣмъ, что могли дать ему теорія и талантъ,—опредѣлилъ съ помощью выдающихся ученыхъ, съ одной стороны, работу, затрачиваемую въ теченіе опредѣленнаго времени генераторомъ, а съ другой—ту работу, которая имѣется въ распоряженіи на валу пріемника. Чѣмъ больше отношеніе этой второй работы къ первой, тѣмъ, очевидно, лучше устроена передача. Отношеніе это называется *полезнымъ дѣйствіемъ* системы. Первые опыты были произведены Депре́ въ сентябрѣ 1882, во время мюнхенской электрической выставки. Генераторъ былъ помѣщенъ въ городкѣ Мисбахѣ, въ 57 километрахъ отъ Мюнхена, въ которомъ находился пріемникъ; это былъ первый опытъ передачи на большое разстояніе. Употребленные для этой цѣли токи имѣли большую электродвижущую силу (2000 вольтъ), генераторъ и пріемникъ были одинаковыя динамо-машины Грамма. Соединительный проводникъ представлялъ собою желѣзную проволоку 4,5 миллиметровъ въ діаметрѣ.

Пріемная машина, установленная въ хрустальномъ отдѣлѣ, приводила въ дѣйствіе, въ продолженіе недѣли, водяной насосъ, питавшій фонтанъ въ 2,5 метра вышины. Прекращенные, по прошествіи указаннаго времени, вслѣдствіе внезапнаго поврежденія машинъ, эти опыты были возобновлены въ 1883 г., въ Парижѣ, спеціальной коммиссіей избранной академіей наукъ и состоявшей изъ Фрейсинэ, Трески, Бертрана и Корню. Опыты производились въ теченіе февраля и

марта названнаго года. Генераторъ и пріемникъ помѣщались въ мастерскихъ Сѣверной желѣзной дороги, предоставленныхъ Обществомъ въ распоряженіе Депре́, и были соединены съ одной стороны, короткой проволокой, а съ другой—телеграфной проволокой изъ гальванизированнаго (покрытаго цинкомъ) желѣза, 4 миллим. толщины, проходившею черезъ станцію Бурже и представлявшую въ общемъ длину 17 километровъ.

Результатъ опытовъ: 1 лошадиная сила, затраченная на оси генератора, давала $^1/_3$ лошадиной силы на оси пріемника; остальное терялось въ видѣ теплоты при превращеніи и передачѣ.

Расположеніе опыта на станціи Сѣверной желѣзной дороги представляло ту выгоду, что особенно облегчало одновременыя вычисленія, такъ какъ машины были помѣщены очень близко одна отъ другой. Но именно вслѣдствіе того, что машины были непосредственно соединены между собой, не выполнялись тѣ условія, которыя должны быть предъявлены къ передачѣ на большое разстояніе. Такимъ образомъ опыты могли быть истолкованы не въ пользу наблюдателей, такъ какъ потеря черезъ столбы благопріятствовала ходу машинъ. Для того, чтобы поставить опыты въ условія, болѣе согласныя съ дѣйствительностью, и найти отвѣтъ на тѣ рѣзкія и часто несправедливыя нападки, которымъ онъ подвергся, Депре́ принялъ предложеніе гренобльскаго мэра, Рея, командированнаго его городомъ для присутствія при опытахъ на Сѣверной доро-



Фиг. 350.—Оба типа трансформаторовъ.

гѣ. Машины, поврежденныя ливнемъ на станціи Ля-Шапелль, были исправлены и доставлены въ Изеру. Генераторъ, помѣщенный въ Визиллѣ, на незанятой въ то время фабрикѣ, приводился въ движеніе турбиной; пріемникъ находился на гренобльскихъ рынкахъ и былъ соединенъ съ генераторомъ посредствомъ проволокъ изъ кремнистой бронзы, 2 милл. толщины, поддерживаемыхъ фарфоровыми изоляторами на столбахъ. Передача производилась на разстояніе 14 километровъ. Опыты, начатые въ августѣ 1883 г., успѣшно продолжались нѣсколько мѣсяцевъ. Въ то же время изучалось и распредѣленіе электрической энергіи: питались 108 лампъ на гренобльскихъ рынкахъ и приводилась въ дѣйствіе печатающая машина, токарный станокъ и ленточная пила. Полезное дѣйствіе оказалось гораздо большимъ, чѣмъ при опытахъ на Сѣверной дорогѣ.

Опыты, произведенные на станціи Крейль въ 1885 г., дали слѣдующіе результаты: 116 лошадиныхъ силъ, израсходованныхъ въ Крейлѣ, доставили 52 силы къ употребленію въ Парижѣ. Электродвижущая сила цѣли составляла 630 вольтъ. Въ послѣднемъ опытѣ затрата 164 силъ въ Крейлѣ дала 80 силъ въ Парижѣ, причемъ электродвижущая сила достигала 9000 вольтъ,—цифры, до того времени не получавшейся ни разу. Впервые система передачи Депре́ была примѣнена въ Бурганёфѣ (Крёзъ) въ 1888 г. и до сихъ поръ продолжаетъ давать прекрасные результаты.

Изъ всей совокупности относящихся сюда изслѣдованій Депре́ нужно заключить о возможности выгодной передачи энергіи на весьма большія разстоянія. Въ видахъ публичной демонстраціи подобной передачи, названнымъ ученымъ была устроена электрическая машина, одна изъ сильнѣйшихъ въ мірѣ, которая фигурировала въ машинномъ отдѣлѣ выставки 1889 г. Она имѣла изящную внѣшность и вѣсила четырнадцать тысячъ килограммовъ

Самая сильная изъ всѣхъ существующихъ нынѣ индукціонныхъ машинъ была построена въ 1889 г., на Детфордской центральной станціи, съ цѣлью освѣщенія весьма значительной части Лондона. У этой поистинѣ гигантской машины якорь (арматура, наводимая система) имѣетъ діаметръ въ двѣнадцать метровъ. Насколько она далека отъ первоначальнаго кольца Грамма,—этой скромной машинки, которой мы обязаны распространеніемъ электрическаго освѣщенія и эксплоатаціи электрической энергіи вообще,—можно судить по тому, что для приведенія ея въ дѣйствіе требуется паровой двигатель въ тысячу двѣсти пятьдесятъ лошадиныхъ силъ.

Существовавшія вначалѣ опасенія относительно хорошаго дѣйствія системы такихъ необычайныхъ размѣровъ были разсѣяны первымъ же испытаніемъ, указавшимъ на полную практическую пригодность машины. Первый опытъ передачи тока изъ Детфорда въ Лондонъ былъ произведенъ 7-го ноября 1890 г.; электродвижущая сила, развитая динамо-машиной при этомъ первомъ опытѣ, была лишь 5000 вольтъ, т. е. половина того, что̀ она должна давать впослѣдствіи; токъ при указанной огромной электродвижущей силѣ цѣпи былъ проведенъ въ Чарингъ-Кроссъ. Здѣсь онъ былъ принятъ первыми трансформаторами, доведшими электродвижущую силу до 2400 вольтъ; другіе трансформаты, помѣщенные въ извѣстныхъ пунктахъ передаточной сѣти, могутъ довести электродвижущую силу до 100 вольтъ,—числа, считающагося въ настоящее время нормой.

Опытъ Детфордской ценральной электрической станціи представляетъ высокій интересъ. Онъ показываетъ, что электрическое освѣщеніе наиболѣе населенныхъ частей большихъ городовъ можно организовать съ достаточной выгодой и большими удобствами, помѣщая гдѣ-нибудь въ сторонѣ отъ города большія станціи съ аппаратами большой электродвижущей силы; посылаемые отсюда токи могутъ быть преобразуемы, помощью соотвѣтствующихъ трансформаторовъ, въ мѣстахъ непосредственной эксплоатаціи, т. е. въ населеннѣйшихъ мѣстахъ города. Этимъ устраняется необходимость имѣть въ самомъ центрѣ города шумныя станціи, съ ихъ паровыми машинами и гигантскими трубами, извергающими цѣлыя облака густого дыма.

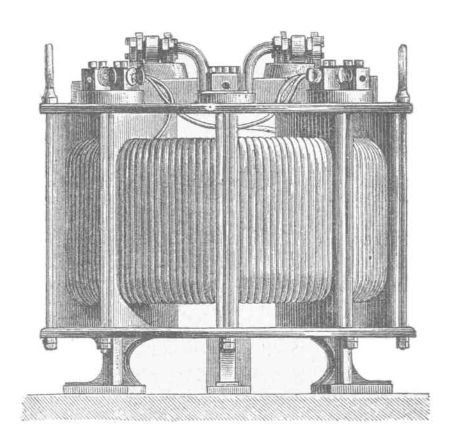
Экономическія выгоды требуютъ, чтобы электрическая энергія, подлежащая тѣмъ или инымъ практическимъ примѣненіямъ, передавалась въ видѣ слабыхъ токовъ при большой электродвижущей силѣ цѣпи. Но въ такомъ случаѣ, очевидно, необходимо, чтобы токи уже на мѣстѣ утилизаціи преобразовывались въ токи соотвѣтствующей большей силы при соотвѣтственно меньшей электродвижущей силѣ. Такое преобразованіе тока производится при помощи снарядовъ, извѣстныхъ подъ названіемъ *трансформаторовъ*.

Если, положимъ, дѣло идетъ о перемѣнныхъ (альтернативныхъ) токахъ, предназначаемыхъ для электрическаго освѣщенія, то употребительные въ этомъ случаѣ трансформаторы могутъ быть сведены къ слѣдующимъ двумъ весьма простымъ типамъ (*фиг.* 350). Въ первомъ, сходномъ съ кольцомъ Грамма, на сердечникъ изъ желѣзныхъ проволокъ намотаны вмѣстѣ двѣ проволоки; концы болѣе длинной проволоки ab соединены съ борнами того проводника, который приводитъ альтернативный токъ; утилизируется же, проводится въ лампы накаливанія токъ, наводимый этимъ послѣднимъ во второй проволокѣ $a'b'$.

Замѣтимъ тутъ, что въ катушкѣ Румкорфа, помощью которой разрѣшается задача, какъ разъ обратная той, какая разрѣшается предъидущимъ трансформаторомъ, вторичная проволока, наоборотъ, длиннѣе первичной.

Въ трансформаторѣ второго типа обѣ проволоки, первичная и вторичная, навиты такъ, что образуютъ кольцо, а на это кольцо намотана еще желѣзная проволока.

Люсьенъ Голяръ первый, путемъ ряда изслѣдованій, доведеннаго до конца съ рѣдкой настойчивостью, показалъ всю выгоду, представляемую употребленіемъ трансформаторовъ: трансформація поглащаетъ лишь весьма ничтожную часть энергіи, доставляемой токомъ. „Въ трансформаторѣ Голяра,—говоритъ Эрикъ Жераръ,—обороты первичной спирали чередуются съ оборотами вторичной на прямолинейномъ желѣзномъ ядрѣ. Иногда два одинаковыхъ ядра соединяются вмѣстѣ, въ однородную магнитную цѣпь. Обѣ навивки образованы кольцевыми сегментами, вырѣзанными изъ мѣдныхъ листовъ; сегменты наложены одни на другіе, изолированы тонкими картонными кольцами и соединены такъ, что образуютъ двѣ плоскія спирали, причемъ первичная спираль -непрерывная, а вторичная состоитъ изъ ряда секцій, соединенныхъ путемъ отвѣтвленія. Столь большая близость первичной проволоки трансформатора ко вторичной представляетъ то неудобство, что создаетъ большую возможность внутренняго соприкос-



Фиг. 351.—Трансформаторъ Циперновскаго.

новенія и такимъ образомъ ведетъ къ увеличенію электродвижущей силы во вторичной цѣпи. Кромѣ того, проволоки относятся одна къ другой, какъ двѣ обкладки конденсатора, что, въ виду высокаго потенціала первичной цѣпи, можетъ вести къ опаснымъ электрическимъ разрядамъ".

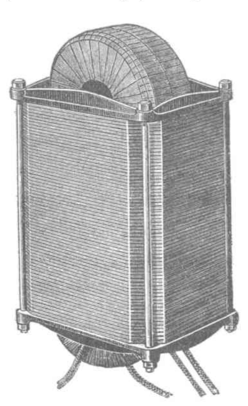
Инженеры Циперновскій, Дери и Блэти, мастерскія Ганцъ К° устроили трансформаторы, принадлежащіе къ тому и другому типу. На фигурѣ 351 представленъ внѣшній видъ трансформатора Циперновскаго, а фигура 352 изображаетъ трансформаторъ Уэстинггауза, весьма распространенный въ Америкѣ.

Всѣ трансформаторы строятся по одному и тому же принципу; для всѣхъ ихъ служитъ типомъ знакомая читателю катушка Румкорфа, а потому мы не станемъ останавливаться на различныхъ образцахъ этихъ снарядовъ.

Городъ Парижъ, въ результатѣ открытаго имъ конкурса по вопросу объ электрическомъ освѣщеніи рынковъ, остановился на двухъ различныхъ типахъ машинъ. Во-первыхъ, ему нуженъ былъ типъ небольшой электродвижущей силы, дающій прямые токи; этого рода машины поставляетъ компанія Эдиссо-

на; во-вторыхъ—типъ, дающій альтернативные токи при большой электродвижущей силѣ; изъ такихъ типовъ городъ выбралъ типъ Ферранти, уже утилизируемый для Лондона Детфордской станціей.

Работаютъ шесть динамо-машинъ Эдиссона (*фиг.* 353) и три—Ферранти; типы эти уже знакомы читателю. Мы обратимъ вниманіе лишь на систему канализаціи, и прежде всего на сѣть съ небольшой электродвижущей силой. Возьмемъ эту сѣть внѣ рынковъ; на самыхъ рынкахъ имѣются спеціальныя приспособленія, о которыхъ говорить здѣсь не будемъ. Инженеры сочли невозможнымъ воспользоваться водосточными трубами, въ которыхъ и безъ того помѣщается не мало другихъ канализаціонныхъ системъ; затѣмъ, влажность въ этихъ трубахъ мало благопріятствуетъ изоляціи токовъ, слишкомъ близкое сосѣдство телефонной сѣти съ сѣтью, предназначенной для электрическаго освѣщенія, можетъ вести къ нежелательной индукціи, наконецъ, трубы вообще мало гарантированы отъ всевозможныхъ поврежденій. Въ виду всего этого рѣшено было устроить совершенно отдѣльную отъ водостоковъ канализацію. Кабели были проложены подъ троттуарами, въ просторныхъ желобахъ изъ литого цемента; въ опредѣленныхъ мѣстахъ въ этихъ желобахъ имѣются деревянныя рамки съ крючками изъ зеркальнаго (бѣлаго) чугуна, поддерживающими проводники; подъ шоссе кабели опускаются на глубину одного метра; смотровые колодцы устроены такъ, что всегда возможно легко произвести повѣрку и необходимый ремонтъ. Сердцевина кабелей состоитъ изъ скрученныхъ вмѣстѣ мѣдныхъ луженыхъ проволокъ и окружена, во-первыхъ, тонкимъ слоемъ чистаго каучука, во-вторыхъ, слоемъ, образуемымъ смѣсью каучука съ хлопчатой бумагой, и, наконецъ, она оплетена просмоленной пенькой. Поперечное сѣченіе кабеля измѣняется, смотря по пункту прохожденія, отъ 40 до 120 квадр. миллиметровъ. Иное расположеніе имѣетъ сѣть большой электродвижущей силы, питаемая токами Ферранти. Для нея, по причинѣ узкости троттуаровъ на улицахъ Вовиллье и Кокилльеръ, необходимо было воспользоваться водостоками. Кабель имѣетъ весьма сложное устройство; онъ заключенъ въ свинцовую трубку толщиною въ $2^1/_2$ миллим. Тамъ, гдѣ начинается раіонъ непосредственной утилизаціи, кабели расходятся, оставаясь на всемъ пути совершенно изолированными; они помѣщаются въ деревянныхъ оболочкахъ, снаружи покрытыхъ смолою и поддерживаемыхъ фарфоровыми изоляторами въ цементныхъ желобахъ.



Фиг. 352.
Трансформаторъ Уэстингтауза.

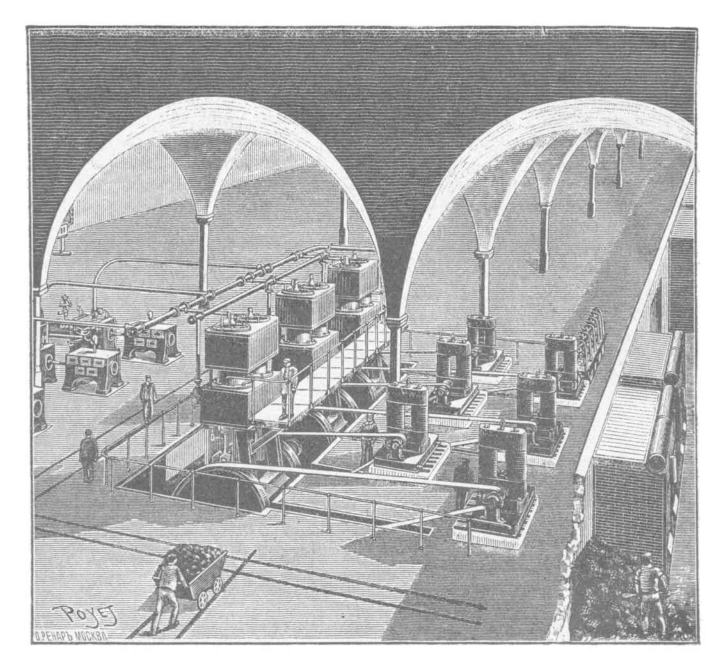
Пробѣгающій по этой столь тщательной устроенной сѣти альтернативный токъ отъ динамо-машинъ Ферранти можетъ доставлять элетродвижущую силу 2400 вольтъ. Для преобразованія этой громадной электродвижущей силы въ силу, пригодную для удовлетворенія обыкновенныхъ потребностей, т. е. въ силу 100 вольтъ, пользуются уже извѣстными намъ трансформаторами, иниціатива въ устройствѣ которыхъ принадлежитъ Люсьену Голяру.

Вопросъ объ электрическомъ освѣщеніи живо интересуетъ въ настоящее время всѣ большіе города. Въ Лондонѣ и Нью-Іоркѣ онъ служитъ темой самыхъ оживленныхъ преній.

Даже слабые альтернативные токи представляютъ извѣстную опасность. Компаніи подводныхъ кабелей не рѣшаются переходитъ электродвижищей силы въ 40 вольтъ изъ опасенія ослабить изоляцію проволокъ, какъ ни тщательно она сдѣлана. Эдиссонъ предѣльной цифрой для альтернативныхъ токовъ считаетъ 200 вольтъ, между тѣмъ какъ для прямыхъ (непрерывныхъ) онъ допус-

каетъ 700 вольтъ. Въ Англіи парламентскимъ актомъ установленъ для альтернативныхъ токовъ высшій предѣлъ въ 400 вольтъ.

И научныя излѣдованія, и несчастія, случающіяся съ людьми на каждомъ шагу, показываютъ, что канализаціонныя системы, предназначаемыя для проведенія электрическихъ токовъ, сила которыхъ будетъ все болѣе и болѣе возрастать, по мѣрѣ развитія науки, должны устроиваться съ величайшими предосторожностями. Публика должна знать, что въ этихъ неподвижныхъ и на взглядъ столь безобидныхъ проволокахъ пробѣгаетъ сама молнія. Горе тому, кто дотронется до линіи: если изоляція проволоки несовершенна, то чрезъ тѣло такого лица пройдетъ отвѣтвленный токъ, сила котораго можетъ быть достаточна для



Паровые двигатели Уайера и Ричмонда. Динамо-машины Эдиссона. Паровики Бельвиль.
Фиг. 353.—Городской электрическій заводъ на Центральныхъ рынкахъ.

причиненія смерти. Если, напр., дотронуться до неизолированнаго проводника обѣими руками, то токъ при прохожденіи черезъ тѣло изъ одной руки въ другую встрѣчаетъ на пути сердце. Если система металлическаго проводника достаточно велика и человѣкъ дотронувшійся до него, изолированъ отъ земли непроводящимъ слоемъ, напр., ковромъ, то отвѣтвленный токъ можетъ быть слабымъ и человѣкъ можетъ отдѣлаться лишь сильнымъ сотрясеніемъ; если же, лицо, прикасающееся къ проволокѣ, сообщается съ обширнымъ проводникомъ, то токъ проходитъ чрезъ тѣло такого лица съ большой силою и дѣйствіе его въ подобныхъ случаяхъ почти всегда роковое. Самую большую опасность представляетъ токъ, проходящій чрезъ сердце или мозгъ. Указанную опасность прикосновенія къ линіи необходимо имѣть въ виду тѣмъ болѣе, что въ самыхъ

домахъ нашихъ пробѣгаютъ проводники, нерѣдко обладающіе электродвижущей силою свыше 500 вольтъ и могущіе поэтому служить причиною самыхъ серьезныхъ несчастій. До тѣхъ поръ, покуда изолирующіе слои новы и сохраняютъ свои хорошія качества, опасности, конечно, нѣтъ никакой; но бѣда въ томъ, что колебанія тока производятъ молекулярныя колебанія въ уединяющемъ веществѣ, чѣмъ мало-по-малу уничтожается упругость послѣдняго. Измѣненное токомъ изолирующее вещество вбираетъ въ себя влагу, а вода, какъ хорошій проводникъ электричества, устанавливаетъ сообщеніе между проволокою и предметомъ, съ ней соприкасающимся.

Электричество представляетъ опасность въ трояком отношеніи. При большомъ количествѣ его и малой силѣ оно расплавляетъ недостаточные проводники и полупрододники; при значительной электродвижущей силѣ (иначе—при высокомъ давленіи) оно стремится разорвать недостаточные проводники и, оставивъ первоначально указанный ему путь, проложить себѣ новый; наконецъ, однимъ своимъ вхожденіемъ въ проводникъ или выхожденіемъ изъ него электричество возбуждаетъ мгновенный наведенный токъ въ сосѣднихъ прододникахъ.

Во Франціи несчастные случаи до сихъ поръ еще бывали рѣдко. Въ Парижѣ такихъ случаевъ извѣстно всего два: одинъ изъ нихъ произвелъ большую сенсацію. Дѣло было въ 1882 г., на праздникѣ, устроенномъ въ Тюльерійскомъ саду съ благотворительной цѣлью представителями печати. Какой-то неразумный хотѣлъ тайкомъ пробраться въ садъ, освѣщенный электричествомъ. Онъ схватилъ ничѣмъ не изолированный кабель и въ то же мгновеніе былъ убитъ наповалъ.—Община Дьёлефи въ Дромѣ освѣщается электричествомъ съ 23-го декабря 1888 г. Альтернативный токъ производится въ Беконнѣ гидравлическою силою и передается въ Дьёлефи, на разстояніе четырехъ километровъ, по безопасному проводнику, обладающему электродвижущей силою въ 2000 вольтъ; оттуда токъ проводится въ трансформаторы Циперновскаго, гдѣ энергія преобразуется такимъ образомъ, что получается электродвижущая сила въ 100 вольтъ, т. е. именно такая, какая необходима для цѣлей освѣщенія. Одинъ рабочій—каменьщикъ, не желавшій вѣрить, чтобъ эти мѣдныя проволоки, которыя проходили мимо его окна, могли представлять какую-нибудь опасность, рѣшилъ убѣдиться въ этомъ лично. Выбравъ хорошій сентябрьскій вечеръ, онъ заперся въ своей комнатѣ, раздѣлся, открылъ окно и приложилъ правую руку ко вторичной проволокѣ. Не испытывая никакого непріятнаго ощущенія, онъ приложилъ къ проволокѣ и лѣвую руку, но въ это мгновеніе что-то искривило ему пальцы и онъ противъ воли крѣпко сжалъ проволоку обѣими руками; такимъ образомъ онъ сдѣлался беззащитной жертвой альтернативнаго тока при электродвижущей силѣ въ 100 вольтъ. На его крикъ по случаю поздняго времени (было одиннадцать часовъ ночи) не скоро прибѣжали сосѣди, тѣмъ болѣе, что и мѣстность нѣсколько пустынная; но вотъ сбѣжался народъ, выломали дверь, а помочь никто не можетъ: чуть кто дотронется до него, какъ тотчасъ же потеряетъ всю свою силу, такъ что несчастный самъ сталъ молить людей не трогать его. Къ счастью, кто-то догадался попросить по телефону, чтобы въ Беконнѣ прекратили токъ на минуту. Только тогда бѣднякъ могъ выпустить проволоку, но еще долго послѣ того руки ему не повиновались и онъ все божился, что теперь-то его ужъ не поддѣнутъ...

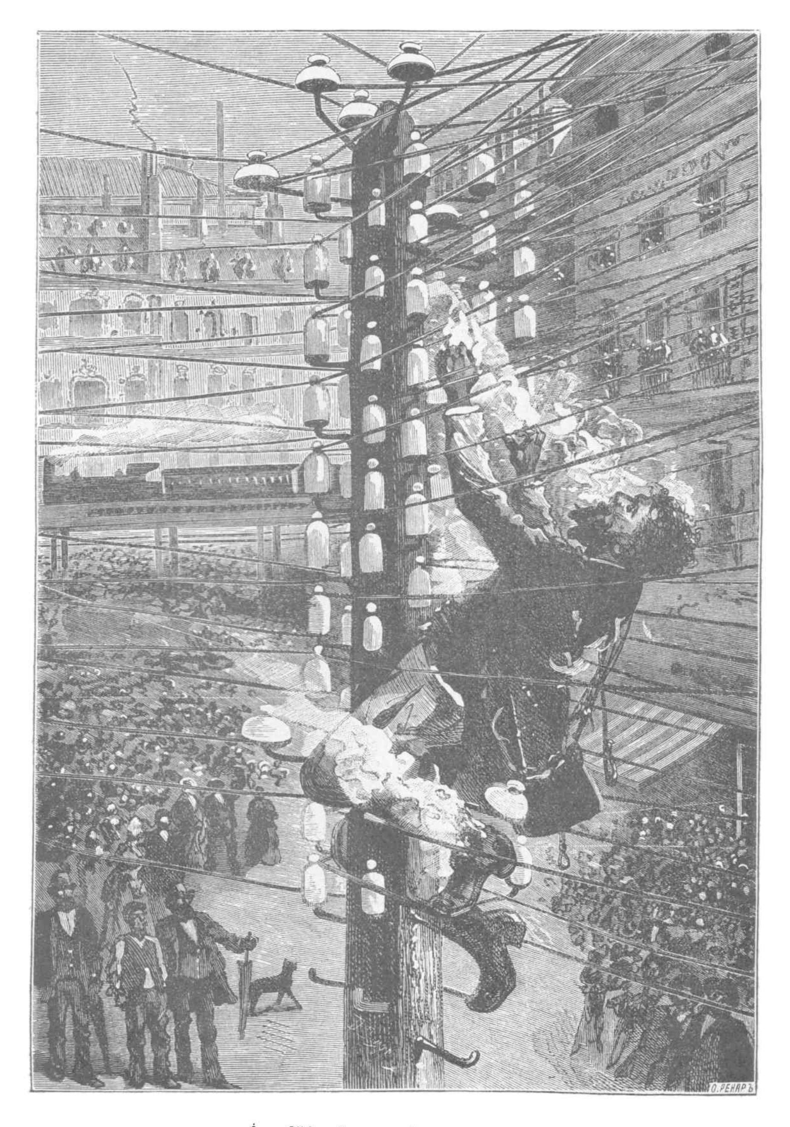
Это происшествіе, которое на утро такъ позабавило все мѣстное населеніе, доказываетъ, между тѣмъ, что альтернативные токи, при которыхъ электродвижущая сила цѣпи не превышаетъ 100 вольтъ, могутъ причинять только боль, но настоящей опасности не представляютъ. Пытка, перенесенная рабочимъ, длилась не болѣе четверти часа; неизвѣстно, что бы стало съ нимъ, еслибы она продолжалась долѣе; во всякомъ случаѣ, весь слѣдующій день онъ чувствовалъ себя истуканомъ. Если таково значеніе альтернативныхъ токовъ при 100 вольтахъ, то нетрудно представить себѣ, какъ должны дѣйствовать 2000 вольтъ.

Количество производимыхъ электричествомъ пожаровъ довольно велико.

Въ Оперѣ, по заявленію д-ра Жюля Рошара, съ тѣхъ поръ, какъ освѣщеніе вмѣсто прежнихъ 7500 газовыхъ рожковъ стало производиться 6500 Эдиссоновыми лампочками, случилось не менѣе двѣнадцати мелкихъ пожаровъ, изъ которыхъ одни произошли благодаря паровымъ двигателямъ для электрическихъ машинъ, а другіе—вслѣдствіе соприкосновенія обнаженныхъ отъ изолирующаго вещества проволокъ съ деревянными частями зданія.—Въ Америкѣ, гдѣ приложеніе электричества въ качествѣ двигательной силы и для цѣлей освѣщенія получило огромное распространеніе, число несчастныхъ случаевъ очень значительно. Число убитыхъ въ Соединенныхъ Штатахъ съ 1880 г. показано оффиціально въ 116; что же касается пожаровъ, то имъ нѣтъ числа. Особенно достается въ такихъ случаяхъ пожарнымъ. Ихъ обыкновенно убиваютъ обрушивающіяся крыши, увлекающіяся за собой прикрѣпленныя къ нимъ проволоки. Одинъ, какъ расказываютъ, былъ убитъ оттого, что какъ-то разрубилъ топоромъ проволоку, мѣшавшую ему приставить лѣстницу: токъ проникъ въ тѣло несчастнаго по влажной рукояткѣ топора. Кромѣ того, электрическій токъ, какъ доказалъ путемъ опытовъ нью-іоркскій физикъ Б. Паркъ, можетъ быть проведенъ по струѣ. выпускаемой изъ пожарной трубы, и убить пожарнаго, держащаго металлическій наконечникъ.

Страшная драма разыгралась 12-го октября 1889 г., въ срединѣ дня, въ одномъ изъ самыхъ оживленныхъ нью-іоркскихъ кварталовъ на углу Центра и Чэмберсъ-стрита. Одному изъ телеграфныхъ рабочихъ нужно было взлѣзть на огромный столбъ, поддерживающій проволоки. Миновавъ благополучно проволоки, доставляющія токъ лампамъ съ Вольтовой дугой и очутившись наверху, рабочій дошелъ до тѣхъ проволокъ, къ которымъ можно было прикасаться безъ всякой опасности для себя, такъ какъ онѣ проводили слабые токи. Но чѣмъ выше онъ поднимался, тѣмъ больше его опутывала густая сѣть проволокъ и, наконецъ, онъ попалъ въ такое мѣсто, откуда, казалось, немыслимо было выбраться; однако-жъ, онъ хотѣлъ попытаться пройти выше, но въ это мгновеніе онъ почувствовалъ себя совершенно скованнымъ проходящимъ чрезъ него токомъ. Тогда началась страшная сцена. Народъ стоялъ внизу и безпомощно смотрѣлъ на несчастнаго, лицо котораго было искажено страданіемъ. Скоро изо рта у него, изъ рукъ и ногъ стало извергаться тихое платя и злополучный рабочій началъ сгорать въ медленномъ огнѣ; полчаса продолжалась эта агонія, при которой присутствовали нѣмыя отъ ужаса толпы народа. Помощь, присланная *Западной телеграфной компаніей*, опоздала: нашли уже совершенно обуглившійся трупъ (*фиг.* 254).

Въ виду такихъ ужасныхъ происшествій нью-іоркское городское управленіе сняло болѣе 110000 километровъ воздушной проволоки. Но дѣло въ томъ, что со стороны подземныхъ проволокъ опасность нисколько не меньше. Какая молнія можетъ сравниться по своему разрушительному дѣйствію съ такой стихіей, о какой говорится въ нижеслѣдующемъ примѣрѣ. „Вслѣдствіе нарушенія непрерывности подземнаго проводника для электрическаго освѣщенія, на углу Вильямъ-стрита и Уолль-стрита (въ Нью-Іоркѣ), токъ при электродвижущей силѣ, не превышавшей 100 вольтъ, расплавилъ кабели и окружающія ихъ чугунныя трубы на протяженіи нѣсколькихъ футовъ и даже двухметровую площадь *прилежащей мостовой*". Эдиссонъ утверждаетъ, что подземныя проволоки даже опаснѣе воздушныхъ. „До сихъ поръ неизвѣстно такой изоляціи, посредствомъ которой мы могли бы гарантировать себя отъ разрушительнаго дѣйствія токовъ высокаго давленія болѣе, чѣмъ на извѣстный, ограниченный срокъ; а когда притомъ проволока помѣщается подъ землею, по современной системѣ проводныхъ трубъ, неизбѣжнымъ результатомъ долженъ быть рядъ гибельныхъ прикосновеній — расплавленіе проволокъ, образованіе электрическихъ дугъ, которыя должны распространяться на другіе металлическіе проводники, расположенные въ той же трубѣ; всѣ эти опасные токи будутъ приняты цѣлой массой проволокъ, которыя проведутъ ихъ въ жилища, магазины и пр. Такимъ



Фиг. 354.—Сожженный электричествомъ.

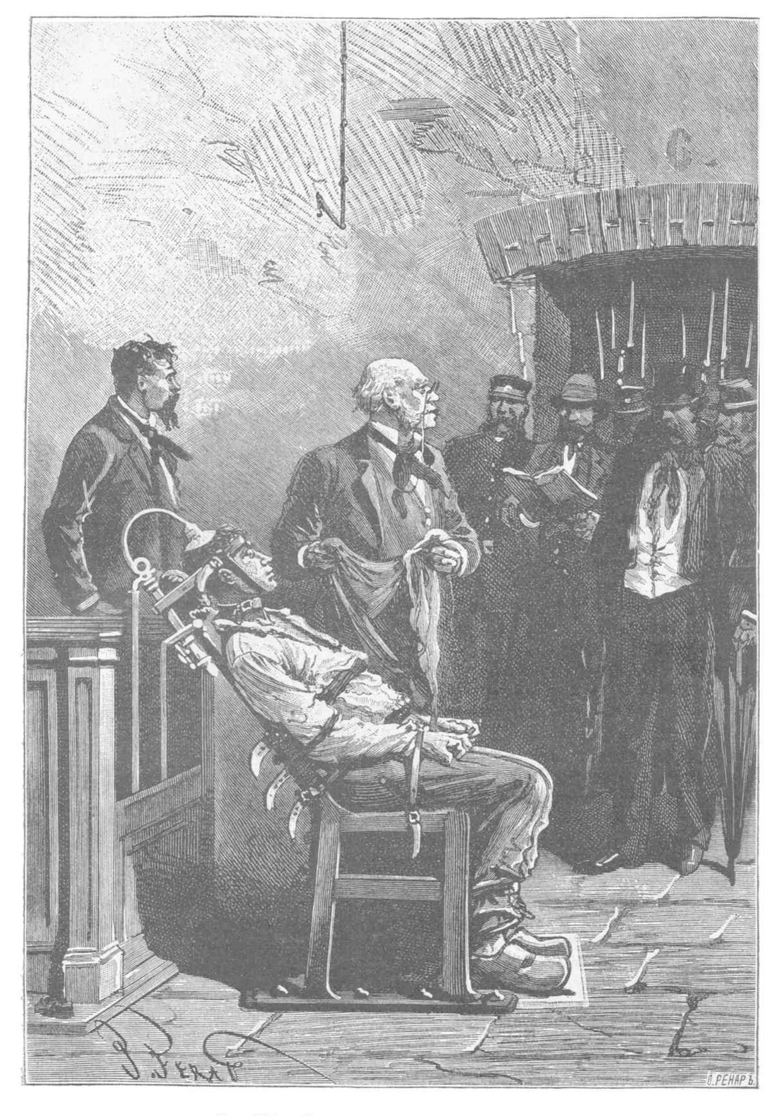
образомъ очевидно, что опасность большой электродвижущей силы цѣпи представляется не только со стороны проволоки, проводящей токъ высокаго давленія, но и со стороны всѣхъ проволокъ, проходящихъ въ той-же трубѣ, хотя бы и въ отдѣльныхъ трубкахъ, даже если эти сосѣднія проволоки проводятъ токи слабые, при иныхъ условіяхъ совершенно невинные".

Увеличеніе числа несчастныхъ случаяхъ благодаря все большему и большему распространенію альтернативныхъ токовъ высокаго давленія—это фактъ, признанный физиками и физіологами. Эдиссонъ дѣлитъ всѣ токи, по дѣйствію ихъ на человѣка, на четыре категоріи: 1) слабые прямые (непрерывные) токи, проходя чрезъ тѣло человѣка, не вызываютъ непріятныхъ ощущеній; 2) очень сильные непрерывные токи уже представляютъ опасность; 3) прерывистые токи могутъ вызвать параличъ и даже смерть; 4) наконецъ, альтернативные токи высокаго давленія убиваютъ, какъ молнія. Именно токами послѣдней категоріи была совершена страшная казнь *) въ Оборнской тюрьмѣ въ Нью-Іоркѣ, 6-го августа 1890 г. (*фиг.* 355).

Главнѣйшее орудіе этой казни была доставлявшая альтернативные токи машина Уэстинггауза съ ея возбудителемъ. Движеніе передавалось этимъ машинамъ при помощи безконечныхъ ремней отъ пароваго двигателя въ 45 лошадиныхъ силъ,—двигателя, гораздо болѣе сильнаго, чѣмъ требовалось,—который помѣщался во второмъ этажѣ зданія тюрьмы, на разстояніи трехъ сотъ метровъ отъ роковаго стула. Проволоки динамо-машины оканчивались на специальной доскѣ, на которой были расположены два вольтаметра Кардю, съ ихъ прибавочнымъ сопротивленіемъ, и двадцать Эдиссоновыхъ лампъ, при электродвижущей силѣ въ 100 вольтъ, расположенныхъ въ параллель и въ отвѣтвленіи отъ динамо-машины, такъ что нормальная сила свѣта у этихъ лампъ означала, что въ цѣпи, включающей лампы, имѣется разность потенціала въ 1000 вольтъ. На той же доскѣ находился амперметръ Бергама, введенный въ главную цѣпь и долженствовавшій, такимъ образомъ, показывать силу тока, проходившаго чрезъ

---

*) Въ 1888 г. законодательнымъ собраніемъ штата Нью-Іорка, послѣ долгихъ преній, былъ принятъ законъ, предписывающій употребленіе электричества для исполненія смертной казни. Въ виду того, что извѣстные спеціалисты настойчиво указывали на безчеловѣчный характеръ казни чрезъ повѣшеніе, приводя тотъ аргументъ, что при такой казни не происходитъ моментальный разрывъ позвоночника, а медленное задушеніе, длящееся не менѣе 20—30 минутъ,—была избрана парламентская коммиссія, которая должна была рѣшить, какимъ способомъ казни лучше всего замѣнить казнь чрезъ повѣшеніе. Эта коммиссія остановилась на электричествѣ, и законъ, долженствовавшій освятить эту новую методу, былъ обнародованъ 1-го января 1889 г. Первый, кому выпало на долю испытать на себѣ новый способъ казни, былъ нѣкто Кеммлеръ, приговоренный къ смерти за убійство. Предъ тѣмъ какъ совершиться казни, въ мірѣ ученыхъ спеціалистовъ происходили ожесточеннѣйшіе споры о пригодности новой казни. Въ числѣ приверженцевъ были изобрѣтатель того аппарата, при помощи котораго должна была быть исполнена казнь, электрикъ Гарольдъ Броунъ, Эдиссонъ и докторъ Петерсенъ; они выставили альтернативный токъ высокаго давленія какъ надежное средство для причиненія быстрой смерти, безъ предшествующихъ страданій, и брались доказать это путемъ опытовъ на лошадяхъ, телятахъ и собакахъ, большинство которыхъ дѣйствительно погибали при 700 вольтахъ. Въ качествѣ противниковъ выступили такіе выдающіеся ученые, какъ докторъ Франклинъ Попъ, Джонъ Нобль и проф. Макъ-Эди, которые утверждали, что никогда нельзя поручиться за возможность умерщвленія даннаго субъекта токомъ опредѣленной силы: все зависитъ отъ силы сопротивленія этого субъекта. Макъ-Эди разсказывалъ про себя самого, какъ однажды, въ ужасную грозу, когда онъ находился на памятникѣ Вашингтона, ему случилось испытать дѣйствіе электрическаго удара не менѣе, чѣмъ въ 3000 вольтъ, причемъ волосы на головѣ у него встали дыбомъ, изъ одежды вылетали искры, между тѣмъ какъ онъ остался совершенно невредимъ. Такихъ же случаевъ не мало приводили и другіе; однако-же, въ концѣ-концовъ, побѣду одержали приверженцы электричества какъ орудія казни. 6-го августа 1890 г., произошла и самая казнь. Послѣ того какъ осужденнаго приготовилъ къ смерти священникъ, его усадили на электрическій стулъ, затянули ремни и пустили токъ. Послѣдовало сильнѣйшее подергиваніе во всѣхъ мышцахъ преступника, лицо выражало глубокое страданіе. Спустя семнадцать секундъ прекратили токъ, разсчитывая, что преступникъ уже убитъ. Но онъ оказался живъ. Тогда пожелали возстановить токъ, но этого нельзя было сдѣлать въ тотъ же моментъ. А между тѣмъ у преступника на губахъ стояла пѣна, ротъ искривили судороги, грудь высоко поднималась. Наконецъ, токъ былъ пущенъ вторично. Вслѣдъ за тѣмъ отъ тѣла сталъ подниматься бѣлый паръ и распространяться ужасный смрадъ: тѣло несчастнаго горѣло.



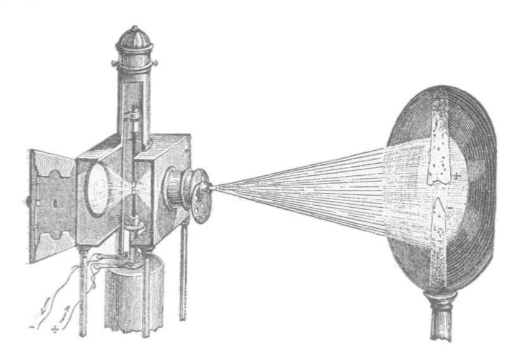
Фиг. 355.—Смертная казнь путемъ электричества.

тѣло осужденнаго; но этимъ амперметромъ въ надлежащій моментъ, къ несчастію, не воспользовались. На доскѣ помѣщалось, кромѣ того, еще два коммутатора, изъ которыхъ одинъ предназначался для введенія въ отвѣтвленную цѣпь лампъ-указателей, а другой—такъ-названный *роковой коммутаторъ* — для введенія въ главную цѣпь стула. Этотъ послѣдній былъ снабженъ ремнями для прикрѣпленія къ нему преступника. Токъ отъ машины входилъ черезъ темя и остистый отростокъ позвонка при посредствѣ двухъ чашечныхъ электродовъ съ влажными губками ввутри.

Въ точности неизвѣстно, черезъ сколько времени послѣ того, какъ токъ былъ замкнутъ, послѣдовала смерть Кеммлера. Въ виду того, что вопросъ о пригодности описаннаго способа казни не можетъ еще покуда считаться рѣшеннымъ, мы приведемъ мнѣнія по этому поводу различныхъ авторитетовъ, что̀ дастъ намъ возможность составить себѣ объ этомъ предметѣ болѣе или менѣе независимое сужденіе. Вотъ что говоритъ отецъ относящагося сюда закона, докторъ А. П. Саутсвикъ: „Объ этой казни было много сантиментальныхъ разговоровъ, въ которыхъ однако было мало здраваго смысла. Я отнюдь не думаю, чтобъ это была послѣдняя казнь путемъ электричества; напротивъ, я думаю, что за ней послѣдуетъ сколько угодно другихъ. Ею была доказана справедливость мысли, положенной въ основу новой методы, а потому я считаю санкціонирующій ее законъ вполнѣ разумнымъ. Казнь была совершена удачно: Кеммлеръ дѣйствительно умеръ немучительной смертью“. Депутатъ Коронеръ Дженкинсъ, производившій вскрытіе трупа, высказался слѣдующимъ образомъ: „По моему разумѣнію, казнь путемъ электричества лучше казни чрезъ повѣшеніе: она происходитъ гораздо быстрѣе и не сопровождается столькими мученіями. Я присутствовалъ при пяти или шести повѣшеніяхъ и ни разу не видалъ, чтобы смерть наступила ранѣе, чѣмъ чрезъ 8—10 минутъ“. А вотъ мнѣніе по этому поводу Чарльза Бэрнса, который наблюдалъ за дѣйствіемъ машины, служившей для казни: „Казнь Кеммлера несомнѣнно есть дѣло, выполненное неудачно, но единственно потому, что не были приняты надлежащія предосторожности. Прежде всего, динамо-машину по-просту помѣстили на полу, нисколько не позаботившись укрѣпить ее на мѣстѣ. При нормальной скорости движенія машина, дававшая перемѣнные токи, испытывала сильнѣйшее колебаніе, перемѣщаясь на 12—25 миллиметровъ. Передаточный валъ былъ положенъ на неустойчивую деревянную опору, что̀ представляло неблагопріятное условіе для правильнаго вращенія блоковъ; ремни были новые, такъ что когда, по введеніи въ цѣпь новаго сопротивленія, — кресла съ тѣломъ Кеммлера, — въ первый разъ былъ пущенъ токъ, ремни готовы были соскочить съ блоковъ“. Эдиссонъ, спрошенный по тому же дѣлу, отвѣчалъ такъ: „Въ 1887 г. я писалъ, что всей душою примыкаю къ новому движенію, имѣющему цѣлью уничтожить предсмертныя мученія. Если,— говорилъ я тогда,—полное уничтоженіе страданія не можетъ быть достигнуто, то, по крайней мѣрѣ, необходимо стараться довести страданіе до минимума, что лучше всего можетъ быть осуществлено при помощи машины съ альтернативнымъ токомъ. Того же мнѣнія держусь я и сейчасъ. Если вѣрить газетамъ, то въ томъ, что казнь Кеммлера была совершена не такъ, какъ слѣдовало, виноваты врачи; электроды тока надо было приложить не къ костямъ черепа, представляющимъ собою дурные проводники, а къ рукамъ. Такъ было сдѣлано во всѣхъ тридцати случаяхъ казни въ Нью-Іоркѣ и ближайшихъ къ нему мѣстностяхъ, гдѣ смерть наступала мгновенно, хотя токъ не имѣлъ и половины той силы, какая была взята для несчастнаго Кеммлера. Врачи, очевидно, разсчитывали на мгновенное пораженіе центральной нервной системы; но они не приняли во вниманіе, что токъ черезъ жидкости человѣческаго тѣла, особенно соляныя, проходитъ легче, чѣмъ черезъ кости. Руки, съ ихъ преобладающей мышечной массою, будучи хорошо очищены и смочены ѣдкимъ натромъ, являются превосходными проводниками электричества. Что же касается до позвоночника, костей черепа вмѣстѣ съ волосами на головѣ, то, конечно, частей, менѣе благопріятствующихъ про

хожденію тока, нельзя было и выбрать. То, что кожа Кеммлера горѣла, показываетъ, что въ тѣло его проникла сравнительно малая часть пущеннаго тока. Если бы на него дѣйствовали всѣ 1300 вольтъ въ теченіе указаннаго времени, то онъ превратился бы въ сплошную угольную массу.... Дыхательныя движенія, происходившія еще послѣ остановки тока, вовсе не указываютъ, что осужденный былъ еще живъ: такія же движенія наблюдаются, какъ извѣстно, и послѣ повѣшенія. Вѣроятно, Кеммлеръ, былъ убитъ сразу, развѣ только были допущены какія-либо особенныя погрѣшности. Всѣ присутствовавшіе при этой сценѣ, безъ сомнѣнія, были чрезвычайно возбуждены, что вполнѣ естественно. Повторяю еще разъ, я думаю, что первый преступникъ, которому доведется сѣсть на роковое кресло, умретъ мгновенно".

Р. Крэвэтсъ, совѣтникъ *компаніи Уэстингауза*, полагаетъ, что неуспѣхъ казни могъ быть предвидѣнъ всякимъ, кто потрудился внимательно изучить дѣло. „Палачъ,—говоритъ онъ,—дѣйствовалъ навѣрняка вслѣдствіе совершенной опредѣленности относящихся сюда пріемовъ. Пользуясь же для этой цѣли электричествомъ, приходится имѣть дѣло съ динамо-машиной, доставляющей такую



Фиг. 356.—Проложеніе на экранъ лучей отъ лампы съ дугой.

силу, которой ни понимать, ни контролировать нѣтъ возможности. Отъ этой машины идутъ двѣ проволоки, долженствующія проводить смертельный токъ; но средства, которыми мы пользуемся для измѣренія тока, не всегда надежны, такъ какъ употребляющіеся при этомъ снаряды чрезвычайно легко портятся. Такимъ образомъ, строгая оцѣнка дѣйствія пропущеннаго тока на соотвѣтствующій предметъ представлялась немыслимой".

Изъ всѣхъ этихъ разнообразныхъ мнѣній вытекаетъ то, что для надлежащаго выполненія казни путемъ электричества необходимъ рядъ извѣстныхъ предосторожностей.

Уже не разъ было указано нами, что электрическая энергія, помимо другихъ приложеній, примѣняется и въ качествѣ источника свѣта. Электрическое освѣщеніе производится двумя способами: путемъ *Вольтовой дуги* и путемъ *накаливанія*. Открытіе *Вольтовой дуги* сдѣлано въ 1808 г. Гёмфри Деви *). Взявши въ качествѣ электродовъ Вольтовой батареи изъ 2000 элементовъ двѣ заостренныя угольныя палочки, Деви замѣтилъ, что, если эти палочки, первоначально сближенныя прикосновеніемъ, нѣсколько раздвинуть, то между ними появляется

*) Знаменитый англійскій химикъ, род. въ 1778 г., ум. въ 1829 г.; открылъ металлы натрій и калій.

ослѣпительное выпуклое пламя. Это пламя Деви назвалъ Вольтовой дугой. Благодаря Джаулю, мы знаемъ, что нагрѣваніе проволоки, по которой проходитъ токъ, тѣмъ больше, чѣмъ больше сила тока и сопротивленіе, оказываемое проводникомъ прохожденію тока. Въ *Вольтовой дугѣ* сопротивленіе оказываетъ воздухъ, находящійся между двумя угольными остріями. Раскаленныя частицы угля переносятся съ одного электрода на другой, образуя такимъ образомъ родъ подвижного, болѣе или менѣе проводящаго дополненія къ прерванной въ этомъ мѣстѣ цѣпи. Такимъ образомъ, токъ проходитъ, но, преодолѣвая при этомъ огромное сопротивленіе, представляемое воздухомъ, производитъ значительное нагрѣваніе—раскаленіе углей. При прямыхъ (непрерывныхъ) токахъ переносъ угольныхъ частицъ происходитъ по преимуществу съ положительнаго электрода на отрицательный: положительный тратится вдвое больше отрицательнаго. „Эта-то разница въ тратѣ и температурѣ углей,—говоритъ Ипполитъ Фонтэнъ *),—дала поводъ первымъ наблюдателямъ разсматривать явленіе электрической дуги какъ простой переносъ частицъ съ положительнаго электрода на отрицательный. Но въ настоящее время доказано, что переносъ въ указанномъ направленіи является лишь преобладающимъ: рядомъ съ нимъ совершается весьма энергичный переносъ и съ отрицательнаго электрода на положительный". Если будемъ прологать на экранъ изображеніе дуги, производимой непрерывнымъ токомъ, то замѣтимъ, что на концѣ положительнаго угля образуется углубленіе, въ то время какъ отрицательный заостряется.

Примѣненіе угольныхъ палочекъ (изъ кокса, или ретортнаго угля) для освѣщенія дѣлается при помощи спеціальныхъ приборовъ—*регуляторовъ* и *электрическихъ свѣчей*. Принципъ у всѣхъ употребительныхъ въ настоящее время регуляторовъ одинъ и тотъ же: такъ какъ дуга составляетъ часть электрической цѣпи, то всякое измѣненіе въ ея длинѣ, а слѣдовательно и въ сопротивленіи, необходимо влечетъ за собой измѣненіе силы тока; при тратѣ углей сопротивленіе дуги возрастаетъ, вслѣдствіе чего сила тока уменьшается. Этимъ-то измѣненіемъ въ силѣ тока и пользуются для того, чтобы поддерживать разстояніе между углями сколько возможно постояннымъ. Для этой цѣли въ цѣпь вводятъ электромагнитъ, у котораго якорь сохраняетъ опредѣленное положеніе равновѣсія лишь при равенствѣ двухъ силъ, дѣйствующихъ на него въ противоположныхъ направленіяхъ,—съ одной стороны, электромагнита, а съ другой—пружины. Коль скоро уменьшается сила тока, уменьшается и дѣйствіе электромагнита, и якорь получаетъ движеніе въ сторону пружины; это движеніе приводитъ въ дѣйствіе механизмъ, сближающій угли.

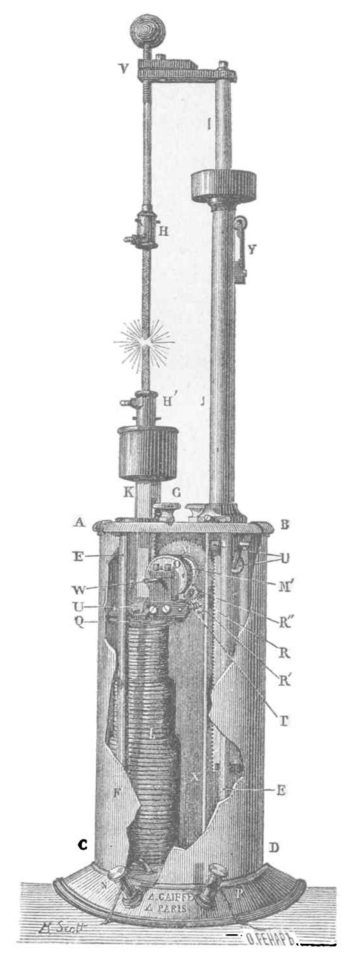
Всѣ регуляторы должны удовлетворять слѣдующимъ двумъ требованіямъ: 1) они должны производить раздвиганіе углей—прежде всего, для появленія дуги, а затѣмъ всякій разъ, когда угли почему-либо пришли въ соприкосновеніе. Это раздвиганіе достигается или при помощи особаго электромагнита, или при помощи того же электромагнита, которымъ производится сближеніе. 2) Разстояніе между углями во все время горѣнія должно поддерживаться неизмѣннымъ. Эта регулировка производится или силою тока, или разностью потенціала, или, наконецъ, разностью силы тока и паденія потенціала у борнъ регулятора; на фигурѣ 355 представленъ *электрическій регуляторъ* А. Геффа. Угли укрѣплены въ угледержателяхъ H и H′, вполнѣ уравновѣшанныхъ другъ съ другомъ, такъ что вѣсъ ихъ не долженъ приниматься въ разсчетъ при дѣйствіи аппарата. Движеніе ихъ чрезвычайно облегчается четырьмя вальками U, U, устраняющими всякое прямое треніе. Движеніе углей производится пружиною, скрытою въ барабанѣ O, при посредствѣ двухъ зубчатыхъ колесъ M и N′, различныхъ діаметровъ, и двухъ зубчатокъ K и I, соединенныхъ съ угледержателями H и H′. При своемъ движеніи стержень изъ мягкаго желѣза, на которомъ укрѣпленъ угледержатель H′, болѣе или

*) *Электрическое освѣщеніе.*

менѣе входитъ въ катушку L. Раздвиганіе угледержателей (а слѣдовательно и углей) производится именно притяженіемъ упомянутаго стержня катушкой при прохожденіи чрезъ нее тока. Во все время движенія углей противоположныя другъ другу силы катушки и пружины, помѣщающейся въ барабанѣ O, остаются равными между собой; благодаря этому, если длина дуги въ началѣ горѣнія равна, положимъ, тремъ миллиметрамъ, то́ такою же она будетъ оставаться до полнаго сгоранія углей. Такъ какъ пружина можетъ быть натянута различнымъ образомъ, то аппаратъ можетъ быть приспособленъ для дѣйствія при токахъ различной силы.

При помощи особаго приспособленія можно перемѣщать дугу совершенно независимо отъ обычной регулировки снаряда. Такимъ приспособленіемъ служитъ система шестерней R, R′, R″, которыя сцѣпляются съ зубчатыми колесами M и M′ только тогда, когда требуется произвести перемѣщеніе дуги; помощью спеціальнаго ключа оба угля поднимаютъ или опускаютъ разомъ, не измѣняя разстоянія между ними. Этимъ путемъ выполняется необходимое условіе во многихъ оптическихъ опытахъ — центрированіе свѣтящейся точки.

Дѣйствіе регулятора слѣдующее. Токъ вступаетъ черезъ столбикъ P, проходитъ путь X J I V H H′ K, проникаетъ въ катушку L и выходитъ черезъ столбикъ N. Когда токъ не проходитъ, угли удерживаются въ прикосновеніи дѣйствіемъ пружины, заключенной въ барабанѣ O; но коль скоро черезъ аппаратъ пропускается токъ, катушка начинаетъ притягивать стержень K, движеніемъ котораго, сочетающимся съ движеніемъ другого стержня I, и производится раздвиганіе углей; притягивающая сила катушки постоянно должна быть нѣсколько больше силы пружины, что достигается сообщеніемъ этой послѣдней соотвѣтствующаго напряженія *).



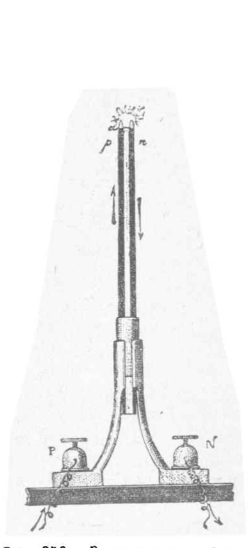
Фиг. 357.—Электрическій регуляторъ Геффа.

Въ *электрическихъ свѣчахъ* угольныя палочки поставлены не на одной прямой, а рядомъ, параллельно другъ другу, и не нуждаются въ такомъ механизмѣ, какой мы видимъ въ регуляторахъ. Изобрѣтеніе свѣчей принадлежитъ русскому офицеру Павлу Яблочкову. „Мое изобрѣтеніе,—писалъ Яблочковъ въ своемъ прошеніи о выдачѣ ему привиллегіи, 23 мая 1876 г.,—заключается въ совершен-

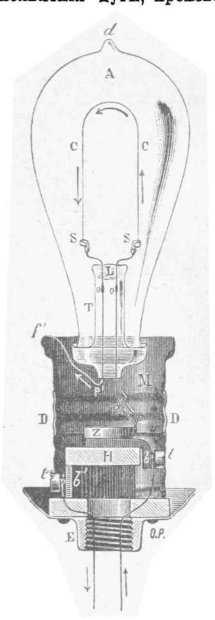
*) **Госпиталье**, *Важнѣйшія приложенія электричества.*

номъ устраненіи механизма, обычно встрѣчающагося въ электрическихъ лампахъ. Вмѣсто того, чтобы прибѣгать къ механическому приспособленію, автоматически сближающему угли, по мѣрѣ того какъ они сгораютъ, я ставлю ихъ рядомъ, раздѣляя ихъ изолирующимъ слоемъ, наприм., каолиномъ (фарфоровой глиной), который тратится одновременно съ углями".

Если пустить токъ, то между концами обоихъ углей появится Вольтова дуга; такъ какъ изолирующее вещество будетъ тратиться въ такой же мѣрѣ, какъ угли, то дуга все время будетъ находиться только между концами углей. Тѣстообразное изолирующее вещество (коломбинъ) есть смѣсь двухъ частей гипса (сѣрно-известковой соли) съ одной частью сѣрно-баріевой соли. Соединеніе верхнихъ концовъ углей, необходимое для появленія дуги, производится по-




Фиг. 358.—Электрическая свѣча.



Фиг. 359.—Эдиссонова лампа накаливанія.

средствомъ тоненькой пластинки, или *запала, а (фиг.* 358), приготовляемаго изъ смѣси порошковъ угля и графита съ воднымъ растворомъ гумми-арабика. Мгновеннаго сгоранія этой пластинки въ тотъ моментъ, когда токъ начинаетъ проходить черезъ свѣчу, достаточно для появленія дуги.

Какъ мы знаемъ, при прямомъ токѣ положительный уголь сгораетъ вдвое скорѣе, чѣмъ отрицательный. Поэтому для освѣщенія посредствомъ электрическихъ свѣчей употребляютъ альтернативные токи, при которыхъ происходитъ равномѣрная трата обоихъ углей.

Электрическимъ свѣчамъ придаютъ самыя различныя формы; но такъ какъ всѣ онѣ опираются на одинъ и тотъ же принципъ, именно тотъ, по которому устроена свѣча Яблочкова, то мы на нихъ останавливаться не будемъ и перейдемъ къ *освѣщенію путемъ накаливанія.* Во всѣхъ *электрическихъ лампахъ накаливанія* прямой или перемѣнный токъ проходитъ чрезъ такое вещество,

которое, съ одной стороны, обладаетъ столь большимъ сопротивленіемъ, что нагрѣвается проходящимъ чрезъ него токомъ до температуры каленія, дѣлается свѣтящимъ, а, съ другой—еще настолько проходимо для тока, что не расплавляется имъ. Для того, чтобъ это вещество не могло сгорать, его помѣщаютъ въ безвоздушномъ пространствѣ. Вещество съ такими свойствами вторично найдено Эдиссономъ, въ 1880 г.; говоримъ *вторично*, потому что оно было уже ранѣе извѣстно двумъ французскимъ изслѣдователямъ—инженеру де-Шанжи и графу дю-Монселю, которые,—первый въ 1858, а второй—въ 1859 г.,—пользовались „обугленными растительными нитями" въ своихъ опытахъ освѣщенія посредствомъ накаливанія. Но во всякомъ случаѣ—честь устройства первой, вполнѣ пригодной въ практическомъ отношеніи, лампы съ накаливаніемъ принадлежитъ американскому инженеру.

Устройсто калильной лампы Эдиссона распадается на рядъ деликатныхъ операцій. Лампа въ тѣсномъ смыслѣ слова представляетъ собою стеклянный баллонъ (*фиг.* 359), въ которомъ помѣщена согнутая въ видѣ опрокинутой буквы U угольная нить, зажатая въ двухъ мѣдныхъ щипчикахъ S, S, соединенныхъ съ электродами тока. Такою нитью является обугленное волокно японскаго бамбука. Эти волокна нарѣзаются изъ бамбуковыхъ прутьевъ; длина ихъ обыкновенно не превышаетъ 11 сантиметровъ, а толщина—1 сант. Для полученія изъ нихъ U-образныхъ угольныхъ нитей, ихъ укладываютъ въ плоскія никкелевыя формы, которыя, обыкновенно сотнями, помѣщаются въ муфеляхъ и на короткое время подвергаются дѣйствію жара.

Соединеніе угольной нити съ проволоками, идущими отъ питающей лампу машины, производится при посредствѣ двухъ платиновыхъ проволокъ, длиною въ 0,02 сант., припаянныхъ въ *o*, *o* къ двумъ мѣднымъ проволокамъ P, P′; тѣ и другія проволоки помѣщаютъ вмѣстѣ въ особой стеклянной трубкѣ T, верхній конецъ которой запаиваютъ, предварительно пропустивъ черезъ него обѣ платиновыя проволоки. Свободнымъ концамъ этихъ послѣднихъ придаютъ согнутую форму и къ каждому изъ нихъ припаиваютъ по мѣдной полоскѣ, свернутой въ трубочку. Въ этихъ-то полоскахъ зажимаются концы угольной нити, которые, вмѣстѣ съ полосками, покрываются еще слоемъ мѣди въ мѣдной гальванопластической ваннѣ, благодаря чему достигается хорошая проводимость системы. Трубка T вмѣстѣ съ проволоками и угольной нитью помѣщается въ баллонъ A и спаивается съ нимъ помощью паяльной трубки. Воздухъ изъ баллона выкачивается чрезъ отверстіе *d* (которое потомъ запаивается) посредствомъ ртутнаго насоса Шпренгеля, описаннаго на стр. 254. Благодаря остроумному приспособленію, воздухъ можно выкачать сразу изъ пяти сотъ баллоновъ. Выкачавъ воздухъ, въ снарядъ пропускаютъ слабый токъ для осушенія угольной нити и для освобожденія ея отъ остатковъ воздуха. Затѣмъ, какъ сказано, запаиваютъ отверстіе *d*.

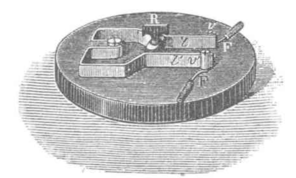
Въ такомъ видѣ баллонъ вмазывается гипсомъ въ мѣдный цилиндръ M, ввинчивающійся въ трубку DD.

По выходѣ изъ трубки проволока P′, загибаясь, проходитъ чрезъ гипсъ, наполняющій цилиндръ M, и оканчивается въ *f′*, на краю этого цилиндра; другая мѣдная проволока—P—примыкаетъ въ *f* къ мѣдному кружку Z. Съ этимъ кружкомъ посредствомъ изогнутой мѣдной пластинки *b* и винта *i* соединяется проволока, приводящая токъ; другая проволока винтомъ *i* прижимается къ пластинкѣ *b′*; пластинки *b* и *b′* раздѣлены изолирующемъ слоемъ H. Трубка DD имѣетъ на своемъ нижнемъ концѣ винтовую нарѣзку для соединенія со стержнями канделябровъ и люстръ, заключающими въ себѣ проводящія проволоки. Токъ чрезъ пластинку *b* и кружокъ Z проходитъ въ проволоку P, угольную нить CC, вторую проволоку P′ къ краю цилиндра *f′*; отсюда по стѣнкѣ цилиндра, а затѣмъ трубки DD онъ вступаетъ въ винтъ *i*, къ которому примыкаетъ проволока, отводящая токъ. Зажигается и тушится лампа при помощи весьма нехитраго приспособленія—размыканія или замыканія ключа. При размыканіи

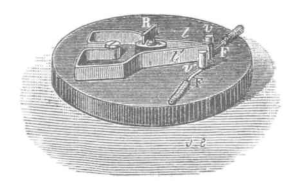
ключа R *(фиг. 360)* двѣ мѣдныя пружины *l*, *l'* натягиваются и приходятъ въ соприкосновенiе съ винтами *v* и *v'*, которые соединены: *v'*—со снарядомъ, доставляющимъ токъ, а *v*—съ лампой. Когда ключъ замкнутъ, какъ въ случаѣ, представленномъ на фигурѣ 361, токъ черезъ лампу не проходитъ. Ключъ для люстръ и вообще неподвижныхъ лампъ обыкновенно помѣщается на стѣнѣ, болѣе или менѣе далеко отъ лампъ; подвижныя же имѣютъ ключъ на самой трубкѣ DD, причемъ пластинка *b (фиг. 359)* состоитъ изъ двухъ отдѣльныхъ половинъ, соединяющихся помощью особой пружины только при размыканiи ключа.

Мы настолько подробно познакомились съ калильными лампами изъ описанiя Эдиссоновой лампы этого рода, что нѣтъ никакой надобости останавливаться на устроенныхъ по той же идеѣ лампахъ Суэна, Максима, Лэнъ-Фокса и пр., особенно распространенныхъ въ Америкѣ и Англiи.

Уже то обстоятельство, что одной угольной нити въ *лампахъ накаливанiя* хватаетъ по крайнѣй мѣрѣ на восемьсотъ часовъ, между тѣмъ какъ угольныя



Фиг. 360.
Ключъ разомкнутъ: токъ проходитъ.



Фиг. 361.
Ключъ замкнутъ: токъ не проходитъ.

палочки въ *лампахъ съ дугой* сгораютъ чрезвычайно быстро, давало первымъ преимущество предъ послѣдними. Въ настоящее же время, когда мы умѣемъ устраивать калильныя лампы въ 500, 800 и 1000 свѣчей, потерялъ всякое значенiе и упрекъ, дѣлавшiйся этимъ лампамъ въ прежнее время,—что онѣ даютъ менѣе сильный свѣтъ, нежели лампы съ дугой. По этой причинѣ освѣщенiе путемъ накаливанiя несомнѣнно будетъ примѣняться во многихъ такихъ случаяхъ, гдѣ оно до сихъ поръ было непримѣнимо.

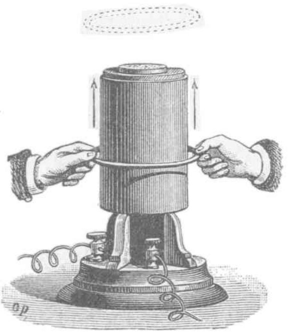
Въ лампахъ съ силою до 800 свѣчей имѣется только одно угольное волокно; для 1000 свѣчей берутся двѣ параллельно расположенныхъ нити. Всѣмъ знакома величина калильныхъ лампъ въ 16 свѣчей; лампы въ 1000 свѣчей имѣютъ дiаметръ, приблизительно въ четверо бóльшiй. Стоимость такихъ лампъ, сравнительно съ небольшими, нѣсколько меньше. При нормальныхъ условiяхъ, угольныя нити служатъ покрайней мѣрѣ 800 часовъ. Лампа въ 1000 свѣчей требуетъ силы тока въ 20 амперовъ при 100 вольтахъ.

Электрическому освѣщенiю, безспорно предстоитъ огромное распространенiе. Его стали вводить у себя не только большiе, но и незначительные города Францiи. Такъ, городокъ Крёзскаго округа, Бурганёфъ, не смотря на то, что въ немъ насчитывается всего лишь 4000 жителей, гордится своей знаменитой системой освѣщенiя, служащей первымъ истинно-практичнымъ приложенiемъ передачи энергiи на разстоянiе, по идеѣ Марселя Депрé.

Электрическое освѣщенiе въ Бурганёфѣ было устроено въ 1887 г. Механическую силу доставлялъ водопадъ, находящiйся въ самомъ городѣ. Къ несчастью, водопадъ этотъ служилъ только девять мѣсяцевъ въ году; въ остальные три мѣсяца приходилось прибѣгать къ паровой машинѣ. Узнавъ объ опытахъ Депрé, бурганёфское городское управленiе рѣшило воспользоваться водопадомъ, находящимся въ Сенъ-Мартэнѣ-Ле-Шатó, въ 15 километрахъ отъ Бурганёфа. Названный водопадъ въ самое сухое время можетъ давать болѣе

тысячи лошадиныхъ силъ, но для начала была установлена динамо-машина о двухъ кольцахъ (системы Депре́) лишь въ сто силъ; такая же машина помѣщена была въ Бурганёфѣ. Обѣ машины были соединены посредствомъ простой мѣдной проволоки, 5 миллим. толщины, укрѣпленной на еловыхъ столбахъ, т.-е. соединительная линія ничѣмъ не отличается отъ обыкновенной телеграфной. Бурганёфская машина, находящаяся въ 15 километрахъ отъ водопада, приводится въ движеніе токомъ, идущимъ изъ Сенъ-Мартена при электродвижущей силѣ въ 3000 вольтъ; въ свою очередь, она при посредствѣ обыкновеннаго передаточнаго ремня, приводитъ въ движеніе машины небольшой электродвижущей силы, доставляющія токъ для освѣщенія города. Вотъ и все. Но сколько труда было потрачено на то, чтобы заставить механизмъ дѣйствовать правильно; какъ непріятно было видѣть, что бурганефскій пріемникъ безъ всякой видимой причины отказывается работать съ первоначальной скоростью! Пришлось приставить особый персоналъ, доведенный нынѣ до двухъ человѣкъ, изъ которыхъ одинъ находится въ Сенъ-Мартенѣ, а другой—въ Бурганефѣ; пришлось придумать цѣлую систему сигналовъ для установленія между этими двумя лицами быстраго сообщенія. Въ настоящее время городъ освѣщается правильно въ теченіе пяти часовъ, каждую ночь.

Другой еще меньшей городокъ, именно Сентъ-Илеръ-дю-Аркуэ, въ Ла-Маншѣ, устроилъ у себя электрическое освѣщеніе по системѣ аккумуляторовъ. Послѣ двукратной безуспѣшной попытки устроить газовое освѣщеніе, названный городокъ воспользовался ручейкомъ Вору, наполняющимъ три пруда, лежащихъ на нѣсколько различныхъ уровняхъ. Тутъ имѣлось уже готовое гидравлическое приспособленіе, устроенное когда-то для завода. Теперь достаточно было незначительнаго ремонта для обезпеченія правильнаго хода динамо машины, дѣлающей 800 оборотовъ въ минуту. Аккумуляторы размѣщены на трехъ станіяхъ, по 35 штукъ на каждой. Днемъ, въ теченіе десяти часовъ, они заряжаются, а ночью питаютъ калильныя лампы.



Фиг. 362.—Опыты Илайю Томсона. Отталкиваніе металлическаго кольца альтернативнымъ токомъ.

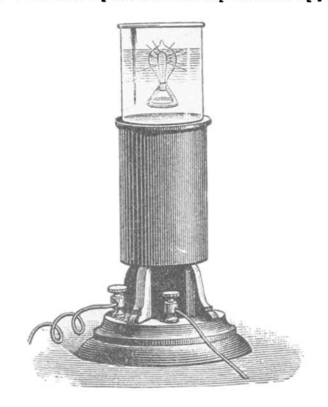
Наконецъ, селеніе Коллiá (Гаръ), съ 645 жителями, также имѣетъ возможность пользоваться, съ сентября 1890 г., электрическимъ свѣтомъ. Движущую силу даетъ вода, падающая съ вышины 1,2 метра—съ производительностью въ 1000 литровъ въ секунду и механическимъ эффектомъ въ 9 паровыхъ лошадей. Этимъ водопадомъ приводится въ дѣйствіе динамо-машина, могущая работать на 1000 свѣчей. Освѣщеніе улицъ производится 25 фонарями въ 16 свѣчей каждый.

Та самая турбина, которая ночью, до одиннадцати часовъ, приводитъ въ дѣйствіе динамо-машину, днемъ двигаетъ насосы, доставляющіе воду названному селенію.

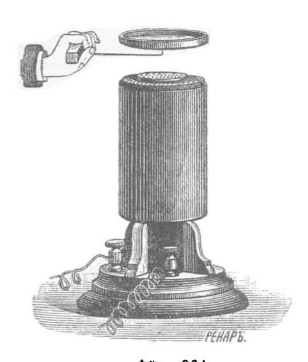
Приведенные примѣре передачи энергіи на разстояніе получаютъ особый интересъ, если представить себѣ ту эпоху, когда истощится горючій матеріалъ *); изъ нихъ явствуетъ, что мы уже понемногу овладѣваемъ умѣніемъ пользоваться той энергіей, которая въ такомъ изобиліи разлита въ природѣ; они показываютъ, что недалеко то время, когда паръ, какъ рабочая сила, всецѣло связанный съ существованіемъ залежей каменнаго угля, будетъ вытѣсненъ электричествомъ, которое никогда не можетъ иссякнуть.

*) По вычисленіямъ Прайса Вилльямса, англійскихъ залежей каменнаго угля можетъ хватить лишь еще на 102 года.

Теперь разсмотримъ еще одно любопытное свойство альтернативныхъ токовъ, которому въ ближайшемъ будущемъ предстоитъ пріобрѣсть немаловажное значеніе: мы говоримъ о возможности устраивать при помощи альтернативныхъ токовъ совершенно особые двигатели. Проф. Илайю Томсонъ въ Линнѣ (шт. Массачуссетъ) замѣтилъ въ 1884 г., въ Институтѣ Вашингтона, что электромагнитъ, возбуждаемый *альтернативнымъ періодическимъ* токомъ, отталкиваетъ мѣдное кольцо, пластинку, трубку, надлежащимъ образомъ расположенныя въ его полѣ. Для этихъ опытовъ служилъ электромагнитъ знакомаго намъ устройства, установленный вертикально на подставкѣ (*фиг.* 362); ядро, состоявшее изъ толстаго пучка изолированныхъ одна отъ другой желѣзныхъ проволокъ, было обмотано очень длинною мѣдною проволокою; концы послѣдней входили въ находившіяся на подставкѣ борны, къ которымъ, съ другой стороны, примыкали концы внѣшней цѣпи, принадлежавшей сильной динамо-машинѣ съ альтернативнымъ токомъ. Обмотка электромагнита была скрыта отъ наблюдателя надѣтою на электромагнитъ картонною трубкою. Если на устроенный такимъ образомъ



Фиг. 363.
Накаливаніе, производимое альтернативнымъ токомъ.

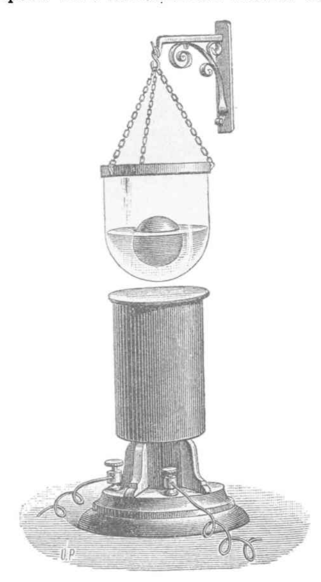


Фиг. 364.
Вращеніе металлическаго кружка альтернативнымъ токомъ.

электромагнитъ надѣть кольцо и затѣмъ предоставить это послѣднее самому себѣ, то оно, какъ показываетъ фигура 362, съ силою будетъ отброшено на воздухъ. Если кольцо будетъ состоять изъ многихъ оборотовъ проволоки, образующихъ въ совокупности замкнутую цѣпь, въ которую введена лампа накаливанія (*фиг.* 363), то, благодаря появленію въ кольцѣ наведенныхъ токовъ, лампа будетъ издавать яркій свѣтъ; но если при этомъ кольцо подвижно, то вслѣдствіе его движенія подъ вліяніемъ отталкиванія, наведенные токи быстро ослабѣваютъ, и лампа тухнетъ. Для ослабленія этого движенія кольцо вмѣстѣ съ лампой погружаютъ въ сосудъ съ водой.

Для превращенія поступательнаго движенія кольца во вращательное необходимо извѣстная уловка,—требуется произвести въ полѣ электромагнита нѣкоторую диссеметрію. Какъ намъ извѣстно, мѣдная трубка, помѣщаемая между двумя спиралями индукціонной катушки, въ значительной степени ослабляетъ дѣйствія послѣдней,—служитъ, какъ говорятъ, экраномъ. Слѣдовательно, если часть верхней поверхности электромагнита покроемъ мѣдной пластинкой, то большинство выходящихъ изъ этой части силовыхъ линій будетъ пересѣкаться пластинкой, и поле по отношенію къ электромагниту сдѣлается диссеметрич-

нымъ, ибо изъ непокрытой части линіи будутъ выходить безпрепятственно. Благодаря этому, отталкиваться электромагнитомъ будетъ только часть помѣщенныхъ надъ нимъ пластинки, шара и т. п., вслѣдствіе чего эти предметы должны будутъ принять вращательное движеніе. У снаряда, представленнаго на фигурѣ 365, служащая экраномъ мѣдная пластинка не видна за краскою, покрывающей всю верхнюю поверхность электромагнита. На фигурѣ 364 мы видимъ произведенное такимъ образомъ вращеніе мѣднаго кружка на остріѣ иглы, которую эксприменtаторъ держитъ въ рукѣ за тупой конецъ. Вращеніе полаго мѣднаго шара (*фиг.* 365) не требуетъ поясненій; при своемъ движеніи шаръ держится поближе къ стѣнкамъ сосуда; вода, содержащаяся въ послѣднемъ, регулируетъ движеніе и въ то же время не даетъ шару чрезмѣрно нагрѣться отъ дѣйствія пробѣгающихъ чрезъ него наведенныхъ токовъ. Само собою разумѣется,



Фиг. 365.—Вращеніе металлическаго шара альтерпативнымъ токомъ.

что описанное явленіе совершается по извѣстнымъ намъ законамъ, такъ что для истолкованія его нѣтъ никакой надобности создавать подобно нѣкоторымъ изслѣдователямъ какую-то новую теорію: интересующее насъ отталкиваніе происходитъ между альтернативными наводящими и альтернативными же наводимыми токами.

Однако-же, здѣсь необходимо сдѣлать нѣсколько замѣчаній. Альтернативный токъ мы можемъ наглядно представить себѣ при помощи совершенно такого же простого графическаго пріема, какимъ мы воспользовались для уясненія характера колебаній молекулы (*фиг.* 18, стр. 17). Тамъ мы нанесли времена на горизонтальной прямой линіи, а на другихъ перпендикулярныхъ къ ней, — удаленіе молекулы отъ положенія равновѣсія; это удаленіе показано вверхъ для того случая, когда въ дѣйствительности молекула подвинулась направо, и — внизъ, — когда молекула отошла влѣво. Въ настоящемъ случаѣ мы также нанесемъ времена на горизонтальной прямой — OT (*фиг.* 366), но на линіяхъ, парал-

лельныхъ прямой OI, мы покажемъ не удаленіе молекулы, а силу тока въ соотвѣтствующіе моменты, причемъ взаимно-обратнымъ направленіямъ тока будетъ соотвѣтствовать части кривой надъ и подъ горизонтальной линіей OT. Направленіе тока соотвѣтствуетъ направленію движенія молекулы отъ положенія равновѣсія, причемъ положеніе равновѣсія соотвѣтствуетъ тому моменту, когда сила тока равна нулю, т.-е. когда направленіе его измѣняется, и такъ какъ этотъ токъ имѣетъ періодическій характеръ, то кривая, изображающая его въ теченіе одного періода, должна повторяться безпредѣльно.

Пусть T будетъ продолжительность періода тока. Въ начальный моментъ періода сила тока равна нулю, черезъ нѣкоторое время $om = t$ сила тока равна линіи Mm; наростая въ теченіе $\frac{T}{4}$ (четверти періода), сила тока достигаетъ, наконецъ, своей наибольшей величины Aa, затѣмъ она начинаетъ уменьшаться до тѣхъ поръ, пока, по прошествіи половины періода— $\frac{T}{2}$, она въ точкѣ B не сдѣлается равной нулю. Во вторую половину періода измѣненіе силы тока имѣетъ совершенно тотъ же характеръ, но, такъ какъ въ это время токъ идетъ по обратному направленію, то соотвѣтствующая часть кривой, именно часть BCD будетъ расположена подъ линіей OT параллельно OI.

Спрашивается теперь, какъ же слѣдуетъ представить себѣ токъ, являющійся въ кольцѣ путемъ наведенія? Прежде всего, очевидно, что онъ долженъ имѣть такой же періодъ, какъ и токъ наводящій. Далѣе, въ то время какъ точка, изображающая наводящій токъ, проходитъ часть кривой OA, по направленію, указываемому соотвѣтствующей стрѣлкою, — токъ наведенный, по закону Ленца, долженъ идти по противоположному направленію и въ то же время постепенно ослабѣвать. Отъ A до B наводящій токъ ослабѣваетъ; вслѣдствіе этого наведенный токъ мѣняетъ свое направленіе и вмѣстѣ съ тѣмъ начинаетъ ослабѣвать. Отъ B до C направленіе наведеннаго тока остается неизмѣннымъ, несмотря на то, что направленіе наводящаго тока измѣняется: это потому, что сила послѣдняго въ это время наростаетъ. Коротко сказать, если токъ наводящій изобразить въ видѣ кривой O A B C D..., то соотвѣтствующій ему наведенный альтернативный токъ будетъ представляться въ видѣ кривой O′ A′ B′ C′ D′...

Фиг. 366. — Кривая отталкиванія между наводящими и наведенными альтернативными токами.

Но, согласно закону Ампера, два параллельные тока одного направленія притягиваются, а токи противоположныхъ направленій—отталкиваются; слѣдовательно, направленные въ противоположныя стороны токи OA и OA′, BC и B′C′ отталкиваются, а имѣющіе одно и то же направленіе токи AB и A′B′, CD и C′D′, и т. д.—притягиваются. Но такъ какъ періодъ альтернативнаго тока, въ теченіе котораго происходятъ два отталкиванія и два притяженія, причемъ за каждымъ отталкиваніемъ тотчасъ же слѣдуетъ притяженіе,—весьма малъ, то, еслибъ явленіе совершалось строго по только-что приведенному закону, нашъ альтернативный электромагнитъ не оказывалъ бы, въ сущности, никакого дѣйствія на кольцо, — послѣднее не отталкивалось бы. Но дѣло въ томъ, что въ интересующемъ насъ явленіи участвуетъ еще одинъ, непринятый нами въ разсчетъ, факторъ, благодаря которому характеръ этого явленія глубоко измѣняется. Мы говоримъ о той инерціи, которую обнаруживаетъ по отношенію къ индукціи наведенный токъ; этотъ послѣдній не слѣдуетъ строго за всѣми измѣненіями наводящаго тока; такъ, равнымъ нулю наведенный токъ дѣлается не въ тотъ моментъ, когда наводящій достигаетъ своей наибольшей величины, а нѣсколько позднѣе; слѣдовательно, дѣйствительная кривая наведеннаго тока должна быть

перемѣщена немного вправо. Но тогда отталкиванія дѣлаются гораздо больше притяженій; отсюда — вышеуказанное движеніе. На чертежѣ мѣста, соотвѣтствующія притяженіямъ, заштрихованы. Указанное запаздываніе наведеннаго тока по отношенію къ наводящему обозначаютъ какъ существованіе *разности фазъ*, величина которой зависитъ отъ конструкціи наводящей и наводимой системъ. Эта разность фазъ есть моментъ, имѣющій немаловажное значеніе въ ученіи объ электричествѣ. Уже въ 1880 г. Фонвіелль и Лонтэнъ заставляли вращаться дискъ изъ мягкаго желѣза въ полѣ электромагнита, сдѣланномъ диссимметричнымъ въ томъ мѣстѣ, гдѣ находился дискъ, при помощи надлежащаго расположенія магнитовъ. Опыты И. Томсона бросаютъ на это явленіе новый свѣтъ; они какъ будто указываютъ на существованіе какой-то, покуда еще непонятной, связи между электричествомъ и всемірнымъ тяготѣніемъ. Благодаря имъ, возможно было такое замѣчаніе, какое сдѣлалъ Ценгеръ *), старавшійся найти зависимость между электродинамическими законами и движеніемъ планетъ: „Боковая сила (давленіе, оказываемое на одну сторону шара) можетъ служить къ объясненію природы и происхожденія той касательной силы, которой долженъ былъ воспользоваться Ньютонъ для объясненія движенія планетъ по орбитамъ; именно, можно вообразить, что силовыя линіи солнца (если разсматривать это послѣднее какъ весьма сильный электромагнитъ, полюсы котораго находятся одинъ отъ другого въ очень небольшомъ разстояніи сравнительно съ разстояніемъ планеты) почти параллельны; тогда мы подойдемъ къ пониманію дѣйствія всемірнаго тяготѣнія, представляющему въ настоящее время столь большія трудности“.

Мы познакомились съ приложеніемъ *сильныхъ* альтернативныхъ и прямыхъ токовъ къ передачѣ энергіи на разстояніе и къ электрическому освѣщенію. Съ другой стороны, мы видѣли примѣненіе *слабыхъ* токовъ въ **телефоніи**. Намъ остается теперь разсмотрѣть еще одно приложеніе слабыхъ токовъ, которымъ какъ-бы суждено **) служить для передачи чяловѣческой мысли: при посредствѣ **телефона** они передаютъ слово, а при помощи **телеграфа** — письмо.

Всѣ телеграфные аппараты (а ихъ не мало), какъ бы они ни различались въ деталяхъ расположенія частей, основаны на одномъ и томъ же принципѣ и — въ существенномъ — имѣютъ одно и то же устройство. Поэтому мы ограничимся описаніемъ лишь наиболѣе употребительныхъ въ настоящее время.

Въ составъ всякаго телеграфа должны входить: *элементъ* ***) (батарея), доставляющій токъ; *проволока линіи* ****), передающая токъ съ одной станціи на другую; *манипуляторъ*, посредствомъ котораго телеграфистъ замыкаетъ и размыкаетъ токъ на станціи отправленія, т.-е. передаетъ депешу; наконецъ, *пріемникъ*, записывающій депешу на станціи пріема. Для объясненія принципа те-

*) Засѣданіе акад. наукъ 2-го сентября 1889 г.

**) Тѣмъ не менѣе, имѣется уже нѣсколько попытокъ замѣнить гальваническія батареи или одними динамо-машинами, или сочетаніемъ послѣднихъ съ аккумуляторами. Такъ, нью-іоркская почтово-телеграфно-кабельная компанія замѣнила 10000 элементовъ Калло 16 динамо-машинами Эдиссона особой конструкціи; лондонская телеграфная компанія пользуется двигателемъ, приводимымъ въ движеніе водою, для приведенія въ дѣйствіе динамо-машины, заряжающей аккумуляторы.

***) Книга I, гл. IV.

****) Проволока воздушной линіи дѣлается обыкновенно изъ гальванизированнаго желѣза, имѣетъ толщину четырехъ миллиметровъ и изолируется фарфоровыми стаканчиками, утвержденными на еловыхъ столбахъ. Въ случаѣ подземной линіи проволока покрывается изолирующимъ слоемъ гуттаперчи или іудейской смолы; для подводныхъ линій употребляютъ нѣсколько мѣдныхъ проволокъ, скрученныхъ вмѣстѣ и окруженныхъ оболочкой изъ гуттаперчи, древесныхъ опилокъ и смолы, поверхъ ея—слоемъ просмоленной джуты и, наконецъ, оберткой изъ стальныхъ проволокъ, покрытыхъ просмоленной пенькой. Будетъ ли линія воздушной, подземной или подводной, всегда отъ отрицательнаго полюса батареи, на станціи отправленія, отходитъ мѣдная проволока, оканчивающаяся мѣдной же пластинкой, погруженной въ колодецъ; такой-же мѣдной пластинкой, опущенной въ колодецъ, оканчивается проволока линіи и на станціи пріема. Этимъ путемъ концы проволоки линіи поддерживаются на потенціалѣ, равномъ нулю, т.-е. на потенціалѣ земли. Цѣпь здѣсь какъ бы дополняется землею, сберегающею такимъ образомъ возвратную проволоку.

леграфа, мы опишемъ телеграфъ *Морза,* — во-первыхъ, потому, что этотъ аппаратъ принятъ въ большинствѣ европейскихъ государствъ и въ Америкѣ, и, вовторыхъ, потому, что онъ явился первымъ практически-пригоднымъ электрическимъ телеграфомъ. Онъ былъ изобрѣтенъ американцемъ Сэмюэлемъ Морзомъ 19-го октября 1832 г., но первое его примѣненіе было сдѣлано лишь въ 1844 г., на Вашингтонъ-балтиморской линіи. Съ тѣхъ поръ онъ все болѣе совершенствовался.— *Пріемникъ* состоитъ изъ колеса R (*фиг.* 367), на которое намотана длинная бумажная лента P. Эта лента, какъ сквозь тиски, тянется между двумя цилиндрами *e* и *g*, которые приводятся въ движеніе заключеннымъ въ ящикъ часовымъ механизмомъ, который можно по произволу пустить въ ходъ — посредствомъ ключа *b* — или остановить — при помощи пластинки D. Справа отъ ящика находится электромагнитъ E, въ которомъ пробѣгаетъ токъ, приходящій со станціи отправленія. Надъ электромагнитомъ имѣется якорь изъ мягкаго желѣза, прикрѣпленный къ рычагу L, правый конецъ котораго можетъ качаться между двумя винтами C и C′, а лѣвый снабженъ загнутымъ штифтомъ *m*. Надъ бумажной лентой находится валикъ T, покрытый фланелью съ типографскими чернилами, которыми, путемъ тренія, смазывается лежащій подъ нимъ мѣдный валикъ; отъ этого послѣдняго чернила переходятъ на прижимаемую къ нему штифомъ бумагу. Внутри полаго столбика B ходитъ длинный винтъ, позволяющій поднять или опустить электромагнитъ, т.-е. приблизить его или удалить отъ якоря, смотря по силѣ тока. Пока станція отправленія бездѣйствуетъ, т.-е. пока въ электромагнитѣ тока нѣтъ, рычагъ удерживается пружиной въ такомъ положеніи, что бумажная лента не можетъ касаться мѣднаго валика; но какъ только начинается отправленіе депеши, какъ только въ пріемникъ вступаетъ токъ, въ тотъ же моментъ электромагнитъ притягиваетъ свой якорь, т.-е. опускается правый конецъ рычага; вслѣдствіе этого лѣвый конецъ поднимается и штифтъ *m* прижимаетъ бумагу къ валику. Во время этого соприкосновенія, длящагося столько времени, сколько длится токъ, покрытый чернилами валикъ чертитъ слѣдъ на развертывающейся бумажной полоскѣ. Очевидно, что, если токъ пропускается только одно мгновеніе, то штифтъ успѣетъ произвести лишь *точку;* при большей продолжительности тока получится *линія* извѣстной длины. Для различныхъ буквъ алфавита приняты различныя сочетанія такихъ точекъ и линій. Въ нижеслѣдующей таблицѣ показаны русскій алфавитъ *) и цифры.

Буквы.

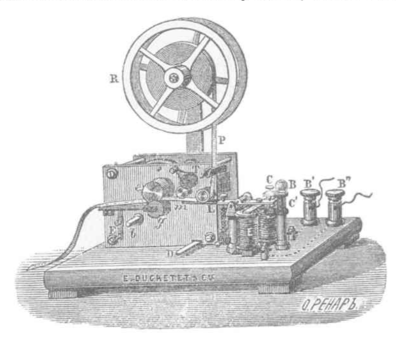
а	·—	р	·—·
б	—···	с	
в	·——	т	—
г	——·	у	··—
д	—··	ф	··—·
е, э	·	х	····
ж	···—	ц	—·—·
з	——··	ч	———·
и, і	··	ш	————
й	·———	щ	——·—
к	—·—	ъ, ь	—··—
л	·—··	ы	—·——
м	——	ю	··——
н	—·	я	·—·—
о	———	ѣ	··—··
п	·——·		

*) Для тѣхъ русскихъ звуковъ, которые сходны съ французскими, и телеграфные знаки тѣже; напр., русск. и фр. a передается: ·—, русск. б и фр. b —···, русск. ц и фр. c (лат. или нѣм. c): —·—·, и т. д. — *Пер.*

Цифры.

1	· — — — —	6	— · · · ·
2	· · — — —	7	— — · · ·
3	· · · — —	8	— — — · ·
4	· · · · —	9	— — — — ·
5	· · · · ·	0	— — — — —

Манипуляторомъ (ключомъ) въ аппаратѣ Морза—для замыканія и размыканія тока—служитъ рычагъ L (*фиг.* 368), опускаемый посредствомъ клавиши *m*. Для передачи депеши поступаютъ такъ. Нажатіемъ на клавишу *m* опускаютъ конецъ рычага, благодаря чему остріе винта V приходитъ въ соприкосновеніе съ пуговкой С. Токъ изъ батареи, приведенный проволокою С′, вступаетъ въ рычагъ и черезъ пластинку Е проникаетъ въ проволоку линіи, примыкающую къ столбику В. Мгновенное нажатіе клавиши *m* даетъ въ пріемникѣ точку; болѣе продолжительное нажатіе—линію.

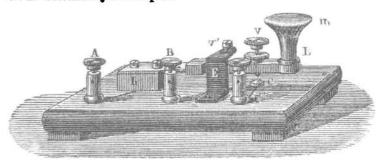


Фиг. 367.—Пріемникъ Морзова телеграфа.

Электрическій звонокъ (принципъ котораго указанъ на страницѣ 240) служитъ для подачи сигнала на станцію пріема объ отправленіи депеши.

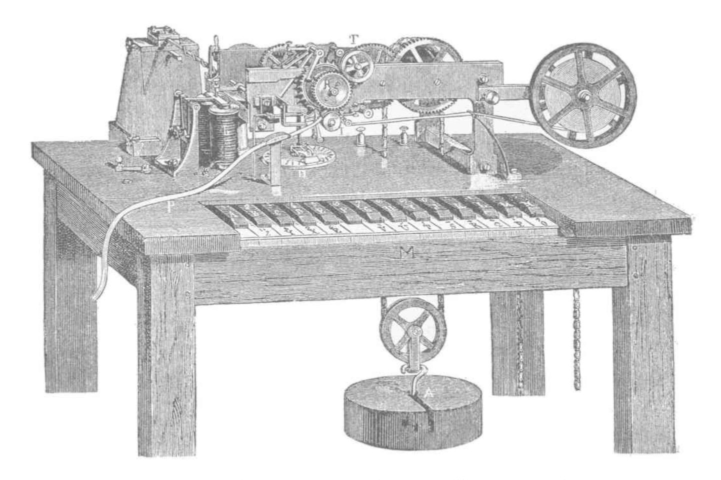
Если станціи пріема и отправленія значительно удалены одна отъ другой, то токъ, пришедшій въ пріемникъ, можетъ, вслѣдствіе чрезвычайной своей слабости, оказаться неспособнымъ приводить въ дѣйствіе пріемный механизмъ; въ такихъ случаяхъ пользуются вспомогательнымъ приборомъ, извѣстнымъ подъ названіемъ *релэ*, посредствомъ котораго въ пріемникъ вводится токъ изъ *мѣстной* батареи; релэ съ достаточной силою и полною точностью передаетъ пріемнику все, что идетъ отъ манипулятора.

На ряду съ *пишущимъ телеграфомъ* Морза, значительнаго распространенія достигъ и *печатающій телеграфъ*, придуманный въ 1055 г. *Юзомъ*,—тѣмъ же изобрѣтателемъ, который двадцать лѣтъ спустя устроилъ микрофонъ. Въ механизмѣ этого телеграфа, въ которомъ существенною частью являются клавіатура, естественно сказалось то, что Юзъ первоначально былъ профессоромъ фортепіанной музыки въ бордсторнской коллегіи, въ штатѣ Кентукки. Насколько сложно устройство *Юзова телеграфа*, настолько же простъ лежащій въ основѣ его принципъ: манипуляторъ на станціи отправленія и пріемникъ станціи пріема приводятся въ дѣйствіе часовыми механизмами со строгой синхроничностью. Маникуляторъ M (*фиг.* 369) есть клавіатура, состоящая изъ стольких клавишъ, сколько буквъ въ данномъ языкѣ; тѣ же клавиши служатъ и для передачи цифръ и знаковъ препинанія. Въ пріемникѣ (на каждой станціи, какъ показываетъ фигура 369, пріемникъ вмѣстѣ съ манипуляторомъ установлены на одномъ столѣ) самой важной частью является такъ-называемое *типовое колесо* R, на окружности котораго рельефно вырѣзаны буквы алфавита, цифры и знаки препинанія. Оно



Фиг. 368.—Манипуляторъ Морзова телеграфа.

вертится между валикомъ T, доставляющимъ чернила, и катушкой I, надъ которой тянется бумажная лента P. На горизонтальномъ дискѣ D ходитъ телѣжка, описывающая полную окружность за время одного оборота типоваго колеса; на этомъ дискѣ имѣется столько отверстій, сколько клавишъ въ клавіатурѣ и буквъ на окружности типоваго колеса; часовой механизмъ, приводимый въ движеніе гирей A, работаетъ съ такою правильностью, что въ тотъ моментъ, когда телѣжка проходитъ надъ отверстіемъ, соотствѣтствующимъ данной клавишѣ, типовое колесо подходитъ къ бумажной лентѣ какъ разъ съ той буквой, которая соотвѣтствуетъ этой клавишѣ, и въ то же время дѣйствіемъ электромагнита *b* катушка I прижимается къ бумагѣ и на послѣдней отпечатывается соотвѣтствующая буква.



Фиг. 369.—Манипуляторъ съ пріемникомъ Юзова телеграфа.

У подводныхъ телеграфовъ пріемники имѣютъ иное устройство. Вслѣдствіе того, что токъ приходитъ на пріемную станцію чрезвычайно ослабленнымъ, на этой станціи необходимо работать съ крайне чувствительнымъ аппаратомъ. Такимъ пріемникомъ и служитъ въ этомъ случаѣ *отражательный гальванометръ* Томсона (*фиг.* 370). При движеніи зеркальца на экранѣ перемѣщается свѣтлая полоска: отклоненія влѣво отъ нуля обозначаютъ точки, а отклоненія вправо—линіи Морзова алфавита.

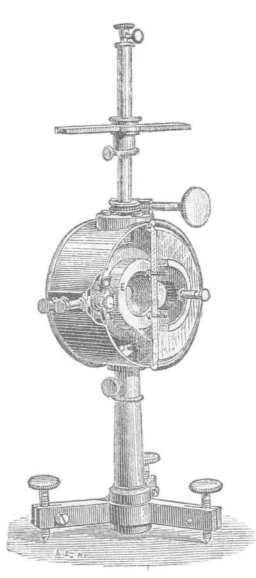
Увеличеніе скорости телеграфной передачи, т.-е. увеличеніе *производительности линіи* достигается слѣдующими путями:

1) замѣною сигналиста *автоматическимъ передатчикомъ*, который работаетъ неустанно и гораздо быстрѣе;

2) устройствомъ мультиплексной (со множественной передачей) системы передатчиковъ и пріемниковъ, т.-е. такой, при которой *одновременно* съ обѣихъ станцій могутъ быть передаваемы нѣсколько депешъ;

3) предоставленіемъ линіи поочередно каждому телеграфисту на весьма короткій промежутокъ времени: за то время, какъ одинъ изъ нихъ передаетъ свои сигналы, другіе какъ разъ успѣваютъ приготовить свои, такъ что линія постоянно занята. Это достигается при помощи спеціальнаго аппарата, извѣстнаго подъ дазваніемъ *распредѣлителя*.

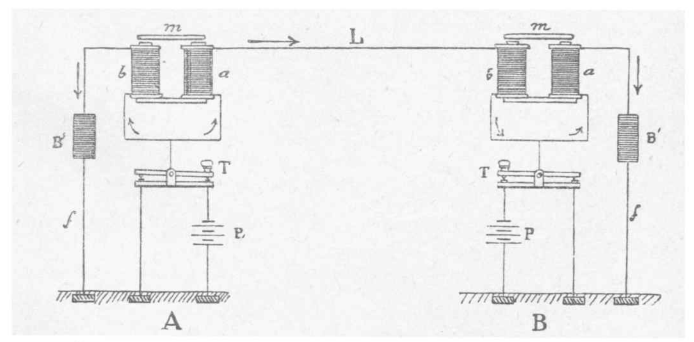
Для объясненія возможности передавать по одной и той же линіи одновременно нѣсколько телеграммъ, мы опишемъ въ общихъ чертахъ *двойную систему* (дуплексъ). Положимъ, что мы работаемъ съ Морзовымъ телеграфомъ. Расположеніе аппаратовъ, одинаковое на обѣихъ станціяхъ, слѣдующее. Въ T (*фиг* 371) находится манипуляторъ, въ *ab* пріемный электромагнитъ, въ B′ введенное въ цѣпь сопротивленіе, въ P—батарея и въ L—проволока линіи. Когда на станціи A приходитъ въ дѣйствіе передатчикъ T, то токъ отъ батареи P раздѣляется на двѣ части, изъ которыхъ одна идетъ въ катушку *a*, а оттуда въ проволоку линіи L, а другая—въ катушку *b* и затѣмъ—по проволокѣ *f*—въ землю. Обмотка на катушкахъ *a* и *b* сдѣлана такъ, что онѣ дѣйствуютъ на якорь *m* противоположнымъ образомъ, такъ что въ томъ случаѣ, если токъ въ обѣихъ катуштахъ *a* и *b* одинаковой силы, ихъ совокупное дѣйствіе равно нулю, и якорь остается неподвижнымъ; подобное уравненіе токовъ производится введеніемъ въ цѣпь соотвѣтствующей части сопротивленія B′. Токъ, приводимый проволокою линіи въ катушку *b* станціи B точно также раздѣляется на двѣ части, которыя обѣ идутъ въ землю,—одна по проволокѣ, идущей отъ правой стороны передатчика T, а другая—черезъ катушку *a*, сопротивленіе B′ и проволоку *f*. Тутъ якорь *m* притягивается къ электромагниту вслѣдствіе того, что токи въ обѣихъ катушкахъ *a* и *b* направлены въ одну и ту же сторону.



Фиг. 370. — Отражательный гальванометръ Томсона. Свѣтовой лучъ, отраженный отъ зеркальца E, показываетъ въ увеличенномъ видѣ перемѣщенія магнитной стрѣлки.

Очевидно, что то же самое произойдетъ и въ томъ случаѣ, если замкнуть передатчикъ станціи B.

Такимъ образомъ, при надлежащемъ регулированіи на обѣихъ станціяхъ перемѣнныхъ

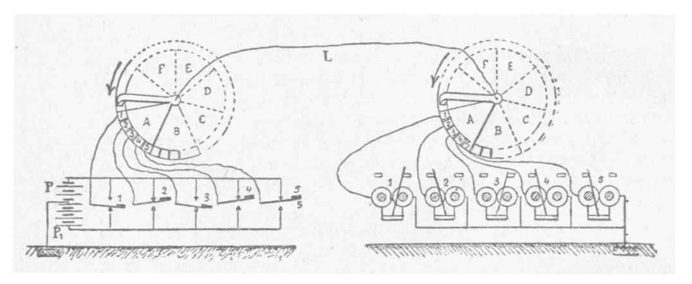


Фиг. 371.—Принципъ расположенія двойной телеграфной системы (*дуплексъ*).

сопротивленій B′, B′, пріемникъ каждой станціи будетъ нечувствителенъ къ тѣмъ токамъ, которые посылаетъ эта станція, и станетъ приводиться въ дѣй-

ствіе лишь токами, приходящими съ другой станціи, что̀ дѣлаетъ возможнымъ одновременную передачу депешъ съ обѣихъ станцій. Путемъ сходнаго расположенія можно по одной и той же проволокѣ посылать съ каждой станціи одновременно двѣ депеши; тутъ токи идутъ уже не по противоположнымъ направленіямъ, а по одному и тому же; это такъ-называемая *диплексная* система. Комбинируя системы *диплексъ* и *дуплексъ*, получимъ возможность посылать одновременно по одной проволокѣ четыре депеши; это будетъ *квадруплексная система*.

Въ телефоніи мы видѣли, какъ просто задача одновременнаго отправленія нѣсколькихъ депешъ по одной и той же проволокѣ рѣшается посредствомъ *гармоническаго телеграфа*, наприм., телеграфа Меркадье *). Теперь познакомимся еще съ весьма употребительнымъ въ настоящее время *множественнымъ телеграфомъ по принципу раздѣленія времени* Бодо́. Этотъ драгоцѣнный аппаратъ, который мы опишемъ только въ самыхъ существенныхъ чертахъ, доставилъ изобрѣтателю почетную награду на международной электрической выставкѣ 1881 года. Передатчикъ его *(фиг.* 372*)*, по внѣшному виду, представляетъ изъ себя клавіатуру изъ 5 клавишъ: 1, 2, 3, 4 и 5. Между второй и третьей клавишами имѣется особое приспособленіе, въ видѣ лопатки, для того, чтобы можно было по произволу сообщать аппарату характеръ передатчика или пріемника. Снарядъ устроенъ такъ, что токи, посылаемые каждой клавишей въ нормальномъ ея положеніи и когда она нажата, имѣютъ противоположныя направленія. Токи ненажатыхъ



Фиг. 372.—Телеграфный распредѣлитель Бодо́.

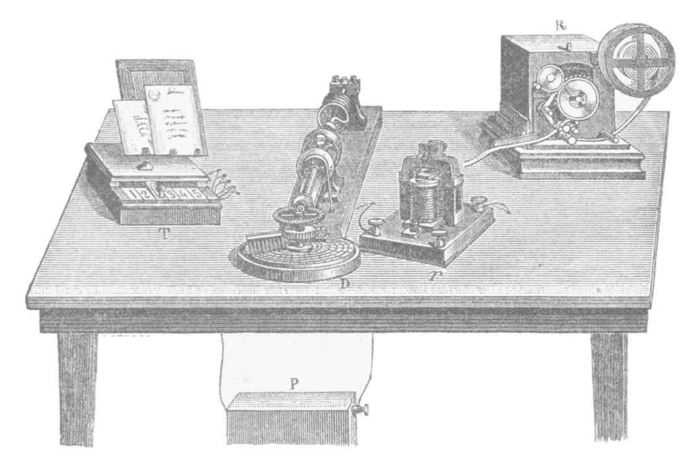
клавишъ называются *отрицательными* (—), а токи нажатыхъ—положительными (+). Если, наприм., клавиши 1 и 3 нажаты, а остальныя находятся въ нормальномъ положеніи, то передаваемый при этомъ сигналъ можетъ быть обозначенъ знаками: + — + — —. Различныя сочетанія нажатыхъ и ненажатыхъ клавишъ дадутъ всѣ необходимые условные знаки для буквъ алфавита, цифръ и проч. Нѣкоторые изъ этихъ знаковъ указаны въ нижеслѣдующей таблицѣ.

(Всѣ клавиши сохраняютъ нормальное положеніе)	— — — — —
а или 1	+ — — — —
б или 8	— — + + —
г или 7	— + + + —
д или 0	+ + + + —

Клавишамъ 1, 2, 3, 4, 5 соотвѣтствуютъ пять уединенныхъ одна отъ другой металлическихъ пластинокъ 1, 2, 3, 4, 5, укрѣпленныхъ на эбонитовомъ дис-

*) См. мультиплексный акустическій телеграфъ Меркадье, стр. 96 и слѣд.

кѣ. Вокругъ оси диска, соединенной съ линіей L, можетъ вращаться длинная пластинка, имѣющая на концѣ щеточку изъ праволокъ; когда эта щеточка касается пластинки 1, въ линію выпускается токъ отъ клавиши 1; проходя надъ пластинкой 2, щетка посылаетъ въ линію токъ отъ клавиши 2, и т. д. Такъ какъ по окружности эбонитоваго диска имѣется пять системъ пластинокъ 1, 2, 3, 4, 5, расположенныхъ на периферіи секторовъ A, B, C, D, E и F, то съ дискомъ, очевидно, могутъ быть соединены пять передаточныхъ клавіатуръ. Такимъ образомъ, за время одного оборота пластинки дискъ посылаетъ въ пріемные аппараты 25 сигналовъ (по пяти отъ каждаго передатчика), т.-е. всего пять буквъ, цифръ и т. п. Этотъ-то дискъ и есть *распредѣлитель (фиг. 373)*. Скорость распредѣленія, т.-е. скорость вращенія пластинки регулируется такъ, чтобы линія постоянно оставалась занятою, т.-е. чтобы выполнялось условіе *наибольшей экономіи во времени*. Съ распредѣлителемъ Бодо въ теченіи часа можетъ быть послано 500-600 телеграммъ, въ 10 словъ каждая. На станціи пріема точно такой же распредѣлитель, движеніе котораго строго согласуется, *синхронично*, съ передаточнымъ, раздаетъ пришедшіе токи электромагнитамъ, или *релэ r (фиг. 373)*. Якорь у такихъ электромагнитовъ прикрѣпленъ къ цилиндру изъ мягкаго желѣза, расположенному между полюсами подковообразна-



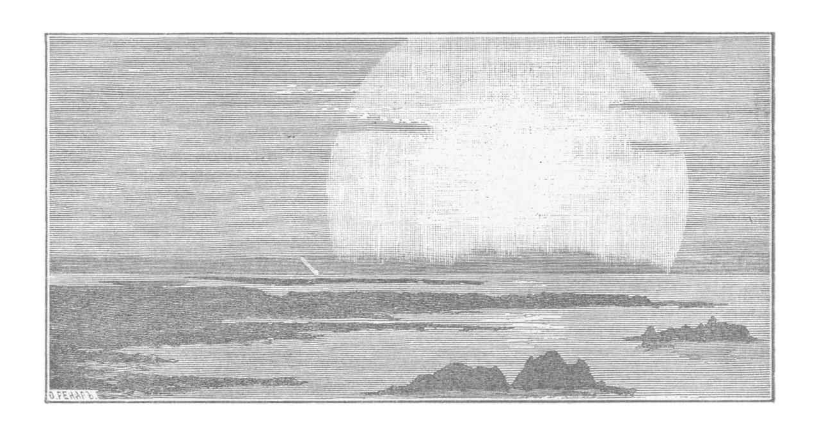
T—передатчикъ. D — распредѣлитель. r—релэ. R—пріемникъ.
Фиг. 373.—Полный телеграфный аппаратъ Бодо́.

го магнита. Слѣдовательно, якорь есть настоящій магнитъ, качающійся то въ ту, то въ другую сторону, смотря по направленію тока въ электромагнитѣ: если отъ дѣйствія положительнаго тока якорь сдѣлаетъ движеніе въ одну какую-либо сторону, то отрицательный токъ вызоветъ какъ разъ обратное движеніе. Эти движенія черезъ посредство *мѣстнаго* тока передаются пріемникомъ электромагнитамъ печатающаго аппарата, главными частями котораго являются типовое колесо и такъ называемый *комбинаторъ*, т.-е. приспособленіе, производящее прижатіе катушки къ бумажной лентѣ при прохожденіи передъ послѣдней того или другаго знака. На фигурѣ 373 представленъ внѣшній видъ телерафа Бодо.

Въ виду того, что́, согласно изслѣдованіямъ Максуэлля и его учениковъ, *свѣтовыя явленія* представляютъ собою не что̀ иное, какъ частный случай *электрическихъ явленій*, за изложеніемъ этихъ послѣднихъ естественно должно слѣдовать изложеніе ученія о **свѣтовой энергіи**, которое, опираясь на достовѣрные научные факты, должно показать справедливость извѣстной теорі , созданной великимъ англійскимъ ученымъ.

КНИГА ТРЕТЬЯ.

СВѢТОВАЯ ЭНЕРГІЯ.—ФИЗИЧЕСКІЯ ВЕЛИЧИНЫ.



КНИГА ТРЕТЬЯ.

Свѣтовая энергія.—Физическія величины.

Глава I.

Свѣтовая энергія.

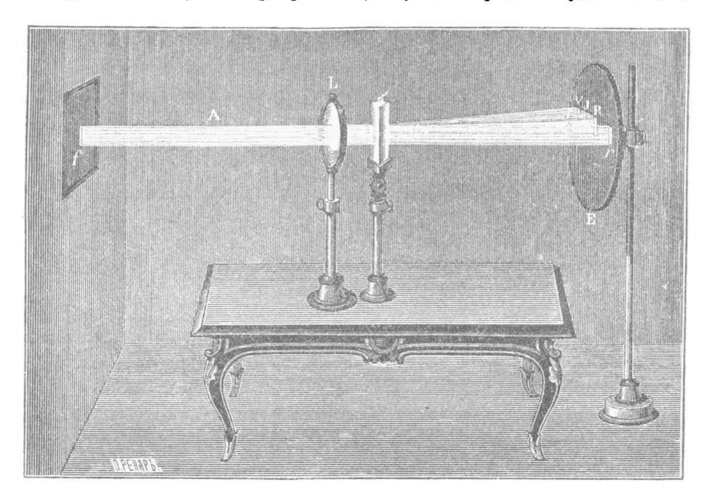
Въ этой главѣ мы увидимъ, что **свѣтовая энергія** есть результатъ колебательнаго движенія *эфира,*—движенія, совершающагося волнообразно и періодически, причемъ для каждаго цвѣта существуетъ свой, отличный отъ другихъ, періодъ.

Помѣстимъ, какъ дѣлалъ Ньютонъ, ахроматическую чечевицу L, съ фокуснымъ разстояніемъ въ 50 сант., за вертикальной щелью *f*, на разстояніи 1 метра отъ послѣдней, и закрывъ щель, наприм., краснымъ стекломъ, бросимъ на нее пучекъ свѣтовыхъ лучей. Тогда, если поставить экранъ какъ разъ на разстояніи 1 метра отъ чечевицы, то на немъ получится красное изображеніе *r* щели точно такой же величины, какъ эта послѣдняя (*фиг.* 374 и 375). Очевидно, что чѣмъ уже будетъ щель, тѣмъ болѣе ея изображеніе будетъ приближаться къ прямой линіи. Если по выходѣ изъ чечевицы, лучи, прежде чѣмъ упасть на экранъ, пройдутъ еще черезъ стеклянную призму, помѣщенную за чечевицей, параллельно щели, то изображеніе послѣдней, хотя и сохранитъ свою первоначальную величину, но *отклонится къ основанію ab* призмы: изъ *r* оно перемѣстится въ R; слѣдовательно, уголъ *отклоненія* будетъ равенъ *ro*R. Указанное перемѣщеніе изображенія происходитъ вслѣдствіе двукратнаго преломленія пучка лучей—при вступленіи въ призму, въ *n*, и при выходѣ изъ нея —въ *m*.

Если станемъ поворачивать призму около ея оси, измѣняя такимъ образомъ уголъ паденія *i*, то измѣнится и направленіе вышедшаго изъ нея пучка; уголъ отклоненія D сперва будетъ, наприм., уменьшаться, а за тѣмъ, при соотвѣтствующей величинѣ угла паденія, увеличиваться, т.-е. изображеніе R будетъ сперва приближаться къ *r*, а затѣмъ удаляться отъ него, не смотря на то, что мы продолжаемъ поворачивать призму все въ одну и ту же сторону. То положеніе призмы, при которомъ изображеніе R перестаетъ приближаться къ *r*, и, наоборотъ,

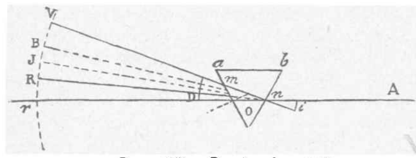
начинаетъ удаляться отъ него, называется *положеніемъ наименьшаго отклоненія*; опытъ, вполнѣ согласно съ законами преломленія (см. стр. 115), показываютъ, что это именно то положеніе, при которомъ уголъ паденія лучей на призму равенъ углу выхожденія ихъ изъ нея.

Если описанный опытъ производить не съ краснымъ стекломъ, а съ желтымъ голубымъ и т. д., то для того же угла паденія *i*, отклоненіе при желтомъ стеклѣ будетъ больше, чѣмъ прикрасномъ, голубое изображеніе будетъ отклонено



Фиг. 374.—Свѣтовой спектръ. Разсѣяніе (разложеніе) свѣта.

еще больше, нежели желтое, и т. д. Для краткости говорятъ, что желтые лучи отличаются большей *преломляемостью*, чѣмъ красные, и меньшей, чѣмъ голубые. Поэтому неудивительно, что при освѣщеніи щели сразу всѣми цвѣтами, смѣшанными и скрытыми въ пучкѣ A, призма раздѣляетъ эти цвѣта и отводитъ каждому изображенію его мѣсто на экранѣ, такъ что красное получается въ R, желтое въ J, фіолетовое въ V, и т. д. Призма производитъ, какъ говорятъ, *разсѣяніе* пучка A.



Фиг. 375.—Раздѣленіе лучей.

Въ томъ случаѣ, когда въ опытѣ берутся цвѣта съ малоразличающимися преломляемостями, *наложенія* другъ на друга сосѣднихъ цвѣтныхъ изображеній возможно избѣгнуть только употребленіемъ чрезвычайно тонкой щели. Только при этомъ условіи цвѣтныя полосы получатся вполнѣ раздѣльно, только тогда мы увидимъ совершенно отчетливо *разложеніе* пучка A на составляющіе его цвѣта. Во всѣхъ случаяхъ для наблюденія этого разложенія лучше пользоваться прямолинейной щелью, чѣмъ щелью какой-либо иной формы, такъ какъ именно при прямолинейной формѣ щели изображенія всего меньше накладываются одни на другія.

Будемъ продолжать наши наблюденія. Если соотвѣтственно одной изъ цвѣтныхъ полосъ R, J и т. д., сдѣлаемъ щель въ экранѣ и пропустимъ соотвѣт-

ствующіе лучи чрезъ вторую призму, помѣщенную паралелльно полосѣ, то эти лучи, упавши на второй экранъ, дадутъ здѣсь точно такое же изображеніе, какъ на первомъ: въ случаѣ желтой полосы такое же желтое изображеніе получится и на второмъ экранѣ. Поэтому говорятъ, что *сложный*, или *разнородный* пучекъ А разлагается призмою на *простые*, *однородные*, или *одноцвѣтные* пучки лучей. Пучекъ солнечныхъ лучей, несмотря на то, что онъ представляется намъ бѣлымъ, даетъ безчисленное множество окрашенныхъ изображеній щели *f*; изображенія эти переходятъ одни въ другія безъ замѣтныхъ границъ и въ совокупности образуютъ такъ-называемый спектръ солнечнаго свѣта, или короче, *солнечный спектръ*. Дла этого опыта слѣдуетъ брать весьма тонкую щель и придавать призмѣ положеніе наименьшаго отклоненія для среднихъ лучей. По своей преломляемости главные цвѣта спектра располагаются слѣдующимъ образомъ: *красный*, *оранжевый*, *желтый*, *зеленый*, *голубой*, *синій*, *фіолетовый*; чѣмъ дальше въ этомъ ряду стоитъ цвѣтъ, тѣмъ больше его преломляемость. Этотъ рядъ часто называютъ *семью цвѣтами призмы*, вслѣдствіе того, что онъ такъ легко получается при помощи призмы *).

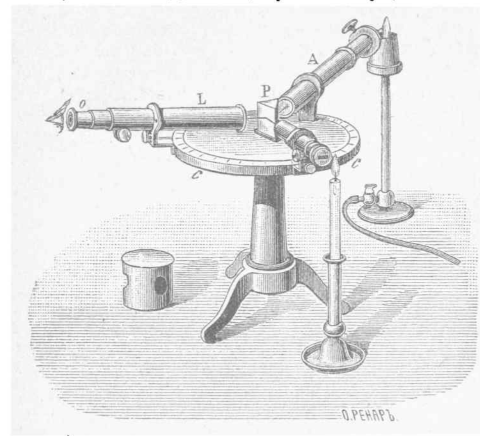
Всякій источникъ свѣта имѣетъ свой, *характерный* для него, спектръ. Если разлагаемый пучекъ А идетъ отъ *раскаленнаго твердаго тѣла*, напр., отъ раскаленной электрическимъ токомъ платиновой проволоки или углей, производящихъ Вольтову дугу, то спектръ является *непрерывнымъ*, сплошнымъ, неимѣющимъ темныхъ промежутковъ; при дальнѣйшемъ повышеніи температуры раскаленнаго тѣла, спектръ становится ярче и увеличивается въ своей фіолетовой части, т. е. получаетъ извѣстное количество еще болѣе преломляемыхъ лучей. Если же разлагается пучекъ лучей, доставляемыхъ какимъ-нибудь *раскаленнымъ газомъ* или *паромъ* (такіе раскаленные при помощи разрядовъ индукціонной катушки, газы или пары мы получаемъ въ Гейсслеровыхъ трубкахъ), то различныя изображенія щели являются уже раздѣленными одни отъ другихъ темными промежутками, *спектръ представляется* въ этомъ случаѣ *прерывистымъ*. При этомъ характеръ спектра опредѣляется природою улетучиваемаго вещества. Такъ, если въ углубленіе, сдѣланное въ нижнемъ, положительномъ углѣ Вольтой дуги, положить кусочекъ *серебра*, то дуга дастъ прерывистый спектръ, состоящій изъ одной зеленой линіи, одной голубовато-зеленой и трехъ фіолетовыхъ; *мѣдь* даетъ двѣ желтыя линіи и три очень близкія одна отъ другой зеленыя; при парахъ *цинка* получаются одна ярко-красная линія и три рядомъ расположенныхъ голубыхъ. При улетучиваніи сплава въ спектрѣ находятся линіи, принадлежащія каждому изъ образующихъ сплавъ металловъ. Словомъ, *для каждаго раскаленнаго газа или пара существуетъ извѣстный, характерный для него*, рядъ цвѣтныхъ линій,—извѣстный *прерывистый спектръ*. Этотъ важный законъ, предугадывавшійся уже Уитстономъ и Миллеромъ въ 1845 г., установленъ многочисленными точными изслѣдованіями Бунзена и Кирхгоффа въ 1856—9 гг. Въ спектрѣ мы, такимъ образомъ, имѣемъ вѣрный физическій реактивъ: помощью его легко опредѣлить, содержится ли то или иное простое тѣло въ испытуемомъ веществѣ; чувствительность этого реактива столь велика, что при помощи его узнаются самые

*) Ньютонъ доказалъ путемъ многочисленныхъ изслѣдованій, что сложеніе въ одинъ пучекъ всѣхъ цвѣтовъ, раздѣленныхъ призмою, даетъ въ результатѣ именно тотъ свѣтъ, который подвергался разложенію. Изслѣдованія эти производились по преимуществу надъ солнечнымъ свѣтомъ.

Замѣтимъ, что свѣтъ можетъ казаться намъ бѣлымъ и въ томъ случаѣ, когда онъ содержитъ не всѣ цвѣта спектра; но тогда въ соотвѣтствующемъ ему спектрѣ на мѣстѣ недостающихъ лучей находятся черныя линіи, полосы; такой спектръ называется *полосатымъ*, а соотвѣтствующій ему свѣтъ—*бѣлымъ цвѣтомъ высшаго порядка*. Изъ такихъ цвѣтовъ могутъ быть составлены группы такъ-называемыхъ *дополнительныхъ цвѣтовъ*.

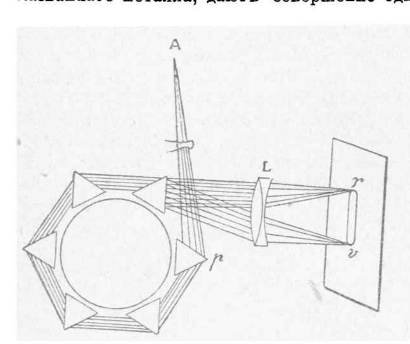
Если какое-нибудь тѣло помѣщено въ извѣстной области спектра, то оно принимаетъ окраску этой области—видимый нами цвѣтъ тѣла принадлежитъ не самому этому тѣлу, а свѣту, его освѣщающему; если послѣдній есть сложный свѣтъ, то тѣло изъ падающихъ на него лучей одни поглощаетъ, а другіе отражаетъ, и эти-то отраженные лучи попадаютъ въ нашъ глазъ, получающій впечатлѣніе опредѣленнаго цвѣта, приписываемаго, въ обиходномъ разговорѣ, наблюдаемому тѣлу.

малѣйшіе слѣды вещества, неоткрываемые никакимъ другимъ способомъ. Если мы имѣемъ передъ собой *таблицу спектровъ* всѣхъ простыхъ тѣлъ, то, открывая какой-нибудь новый, еще не существующій въ таблицѣ, рядъ спектральныхъ линій, мы тѣмъ самымъ открываемъ существованіе новаго элемента въ улетучиваемомъ веществѣ. Этимъ-то именно путемъ Кирхгоффъ и Бунзенъ опредѣлили существованіе двухъ новыхъ металловъ— *рубидія* въ саксонскомъ липидолитѣ—по найденной въ спектрѣ этого минерала красной чертѣ, и *цезія*— въ маточныхъ разсолахъ Дуркгеймскаго соляного источника — по присутствію въ ихъ спектрѣ фіолетовой линіи. Далѣе, Вильямъ Круксъ и Лами открыли металлъ *таллій* по характеристичной для этого металла зеленой чертѣ; нахожденіе синей черты въ спектрѣ Фрейбергскихъ цинковыхъ обманокъ (сѣрнисто-цинковыхъ рудъ) повело Рейха и Рихтера къ открытію *индія*, а Лекокъ де-Буабодранъ такимъ-же способомъ нашелъ металлъ *галлій*.



Фиг. 376.—Спектроскопъ Бунзена и Кирхгоффа.

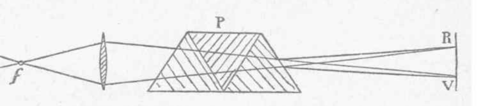
Для полученія однороднаго свѣта пользуются парами металловъ. Литій, улетучиваемый въ пламени спиртовой лампы, или таллій, улетучиваамый разрядомъ индукціонной катушки, происходящимъ между двумя проволоками изъ названнаго металла, даютъ совершенно одноцвѣтныя полосы. Одноцвѣтную-же полосу — металла натрія — даетъ пламя, получающееся при сгораніи спиртнаго раствора поваренной соли. Приборы, при помощи которыхъ изучаются спектры различныхъ тѣлъ, извѣстны подъ названіемъ *спектроскоповъ*. Наиболѣе употребительный изъ нихъ есть такъ называемый *гоніометръ Бабине*, или *спектроскопъ Бунзена и Кирхгоффа*. На кругломъ столикѣ съ дѣленіями, *cc*, вертикально поставлена призма P. Надъ столикомъ, сходясь къ призмѣ, расположены коллиматоръ A (трубка съ двояковыпуклыми чечевицами, изъ которой лучи выходятъ паралелльными) и астрономическая трубка L; щель помѣщается въ фокусной плоскости ахроматической чечевицы коллиматора; объективъ у зрительной трубки также ахроматическій. Различные параллельные лучи, составляющіе проходящій чрезъ призму пучекъ, отклоняются призмою неодинаково, но лучи одного цвѣта всегди выходятъ параллельными другъ другу. Получающійся въ фокусной плоскости



Фиг. 377.—Схема спектроскопа, дающаго большое разсѣяніе (раздвинутый спектръ).

объектива зрительной трубы рядъ цвѣтныхъ—красныхъ, желтыхъ и т. д. изображеній щели, разсматривается чрезъ окуляръ Рамсдена *o*. Если желательно получить большее раздѣленіе, разсѣяніе цвѣтовъ, то пользуются снарядами съ нѣсколькими призмами, каковы, напр., спектроскопы Толлона, Вольфа и др. Общее расположеніе такихъ приборовъ показано на фигурѣ 377. Обыкновенно рядомъ со спектромъ получается, путемъ отраженія отъ призмы, изображеніе раздѣленной на части линейки, позволяющее измѣрить величину каждой цвѣтной полосы. Иногда желательно бываетъ разсматривать спектръ въ направленіи падающаго пучка; для этой цѣли употребляютъ особую систему, въ которой нѣсколько кронгласовыхъ и флинтгласовыхъ призмъ (*фиг.* 378) склеены между собою съ такимъ разсчетомъ, чтобы желтые лучи вышли изъ нея неотклоненными: тогда красная часть помѣщается по одну сторону направленія падающихъ лучей, въ R, а фіолетовая—по другую, въ V Подобные снаряды называютъ *спектроскопами прямого видѣнія*.

Необходимо замѣтить, что свѣтовые лучи суть вмѣстѣ съ тѣмъ и *тепловые*. Передвигая чувствительный термометръ вдоль различныхъ частей спектра, мы уже при прохожденіи термометра мимо желтой части получаемъ замѣтное для насъ повышеніе температуры, которое, быстро возрастая, достигаетъ максимума за красной частью спектра, у темной полосы, длина которой, для солнечнаго спектра, почти равна длинѣ свѣтлой части; эта темная полоса извѣстна подъ названіемъ *инфракрасной* (или ультракрасной) части спектра. Для изученія тепловыхъ свойствъ спектра употребляютъ также тоненькій (линейный) *термоэлектрическій столбикъ*, соединенный съ чувствительнымъ гальванометромъ; величина отклоненія стрѣлки гальванометра, при предвиженіи столбика вдоль спектра, показываетъ температуры, соотвѣтствующія различнымъ частямъ послѣдняго. Для той же цѣли пользуются еще такъ называемымъ *болометромъ* Лангпея, основаннымъ на увеличеніи сопротивленія въ той части цѣпи, температура которой повышается.



Фиг. 378. — Схема спектроскопа прямого видѣнія.

Кромѣ свѣтовой и тепловой энергіи, спектръ обладаетъ еще энергіей *химической*, т. е. отъ дѣйствія его могутъ происходить химическія разложенія и соединенія: такъ, свѣтъ разлагаетъ соли серебра, измѣняетъ іудейскую смолу, производитъ соединеніе (со взрывомъ) хлора и водорода въ хлористоводородную кислоту, и т. д. Начиная проявляться у желтой части спектра, эти химическія дѣйствія достигаютъ наибольшей энергіи за фіолетовой и прекращаются только на разстояніи, въ пять разъ превышающемъ величину всей свѣтлой части спектра. Эта часть, темная для большинства людей, но дѣятельная въ химическомъ отношеніи, называется *ультрафіолетовой*. Наиболѣе длинный ультрафіолетовый спектръ даютъ пары металла кадмія.

У каждой части спектра всѣ названныя три свойства—свѣтовыя, тепловыя и химическія—существуютъ совмѣстно, представляя собою, по выраженія Маскара *) (въ его *Ученіи о свѣтѣ*), „лишь различныя проявленія одной и той же энергіи, — проявленія, повидимому, столь неодинаковыя, но тѣмъ не менѣе совершенно нераздѣльныя во всѣхъ явленіяхъ природы“.

Съ этой, обобщающей, точки зрѣнія мы вмѣсто выраженія „свѣтовой лучъ“

*) Эли-Никола Маскаръ, род. въ Карублѣ (Норъ), 20-го февраля 1831 г., профессоръ физики во Французской коллегіи, постоянный секретарь академіи наукъ, авторъ замѣчательныхъ сочиненій объ электричествѣ; къ числу важнѣйшихъ его произведеній (не считая многихъ другихъ классическихъ статей и мемуаровъ) принадлежатъ слѣдующія: *Ученіе о статическомъ электричествѣ, Приложеніе метеорологіи къ предсказанію погоды, Лекціи объ электричествѣ и магнитизмѣ* составленныя въ сотрудничествѣ съ Жуберомъ, *Ученіе о свѣтѣ* и др.

будемъ употреблять слово *лучъ*, которое одинаково относится къ любой части и къ любому проявленію энергіи спектра. „Свѣтовое впечатлѣніе,—продолжаетъ Маскаръ,—есть физіологическое дѣйствіе, зависящее отъ строенія глаза наблюдателя и потому не могущее служить мѣриломъ для сравненія энергій различныхъ лучей; съ другой стороны, въ своихъ химическихъ дѣйствіяхъ спектръ проявляетъ извѣстную избирательность: характеръ этихъ дѣйствій зависитъ отъ природы и физическаго состоянія взятаго вещества. Другое дѣло — тепловыя дѣйствія: они проявляются одинаково при всякихъ условіяхъ, и потому справедливо будетъ считать *мѣрой энергіи данныхъ лучей* то количество теплоты, какое они способны развить въ какомъ-либо тѣлѣ за опредѣленный промежутокъ времени".—Хотя яркости различныхъ цвѣтовъ трудно поддаются сравненію, однако-же, Фраунгоферу удалось опредѣлить приблизительно относительную яркость каждой части солнечнаго спектра: наибольшей яркостью отличается желтая часть; отсюда сила свѣта уменьшается въ ту и другую сторону *).

Лучи спектра производятъ и другія дѣйствія, которыя мы здѣсь только укажемъ, не вдаваясь въ подробности. Подвергаясь въ теченіе нѣкотораго времени дѣйствію солнечнаго свѣта, твердыя тѣла,—какъ это лучше всего видно на сѣрнистыхъ баріи, стронціи и каліи или на алмазѣ,—пріобрѣтаютъ, на нѣкоторое время, способность испускать свѣтъ въ темнотѣ; это явленіе извѣстно подъ названіемъ *фосфоресценціи*. Изъ опытовъ Беккереля съ фосфороскопомъ, посредствомъ котораго различныя тѣла быстро перемѣщались изъ освѣщеннаго мѣста въ темное, выяснилось, что фосфоричностью обладаютъ всѣ тѣла, но въ очень различной степени. Такъ, въ то время какъ сѣрнистый стронцій, напр.

---

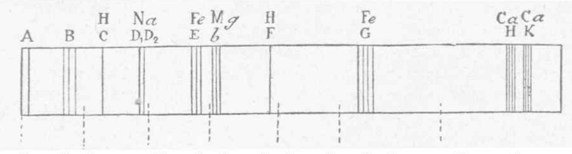
*) На химическихъ свойствахъ солнечнаго спектра основано весьма важное въ практическомъ отношеніи *фотографическое* искусство. Въ 1826 г. Нисефоръ Ніэпсъ первый воспроизвелъ рядъ гравюръ на пластинкахъ, покрытыхъ іудейской смолой, выставивъ эти пластинки на свѣтъ. Такъ какъ лучи отъ свѣтлыхъ мѣстъ гравюры сдѣлали соотвѣтственныя части іудейской смолы нерастворимыми въ нефти, то этой послѣднею могли быть смыты только части, соотвѣтствовавшія чернымъ мѣстамъ гравюръ. Таковъ общій принципъ фотографіи.—Въ концѣ прошлаго столѣтія (въ 1786 г.) Шееле было изучено разложеніе свѣтомъ серебряныхъ солей съ выдѣленіемъ металлическаго серебра. Этимъ фактомъ воспользовался Дагерръ—для фиксированія изображеній, получающихся на экранѣ въ темной комнатѣ. Методъ названнаго изслѣдователя—такъ называемый *дагерротипъ*, ставшій общеизвѣстнымъ въ 1849 г., благодаря замѣчательному докладу Араго, сдѣланному въ палатѣ депутатовъ, состоялъ въ слѣдующемъ. Посеребренная мѣдная пластинка подвергалась въ теченіе нѣкотораго времени дѣйствію паровъ іода, вслѣдствіе чего на ней получался тонкій слой іодистаго серебра; послѣ этого пластинка подвергалась дѣйствію свѣта (т. е. на ней въ камерѣ-обскурѣ, пролагалось изображеніе предмета) и затѣмъ вносилась въ темную комнату, гдѣ ее держали надъ парами ртути, имѣвшими температуру 60°. По окончаніи этой операціи рамку (*шасси*) переносили въ рабочую комнату. Въ тѣхъ частяхъ пластинки, гдѣ произошло разложеніе іодистой соли, т. е. гдѣ выдѣлилось металлическое серебро, получалась амальгама серебра, такъ что по удаленіи неизмѣненнаго іодистаго серебра промываніемъ пластинки въ сѣрноватистонатріевой соли (растворяющей іодистое серебро), на пластинкѣ являлась блестящая фотографія предмета. Но этотъ длинный, хлопотливый способъ замѣненъ въ настоящее время, другимъ, болѣе удобнымъ. Здѣсь употребляется жидкость, содержащая на 65 куб. сантим. очищеннаго эфира, 35 куб. сантим. спирта, 0,6 грамма іодистаго кадмія, 0,4 гр. іодистаго аммонія, 01 гр. бромистаго аммонія и 1 гр. хлопчатобумажнаго пороха. Нѣсколько капель этой жидкости, называемой *коллодіумомъ*, наливаютъ ровнымъ слоемъ на хорошо вычищенную стеклянную пластинку. Спиртъ и эфиръ быстро испаряются, и на пластинкѣ остается тоненькая перепонка. Затѣмъ пластинку дѣлаютъ чувствительной къ свѣту, погружая ее въ *ванну* изъ 7%-наго раствора азотносеребряной соли (это дѣлается въ комнатѣ съ красными стеклами въ окнахъ); при этомъ на пластинкѣ выдѣляются іодистое и бромистое серебро. Приведя изображеніе фотографируемаго предмета на помѣщенное въ камерѣ-бскурѣ матовое стекло, т. е. установивъ его какъ разъ въ фокусѣ, замѣняютъ матовое стекло плоскимъ ящикомъ или шасси, въ которомъ заключена свѣточувствительная пластинка. Если затѣмъ поднять дверцу шасси, то изображеніе получится на свѣточувствительномъ слоѣ. Черезъ нѣсколько времени шасси закрываютъ и переносятъ въ кабинетъ. Теперь надо *проявить*, т. е. сдѣлать яснымъ получившееся слабое изображеніе. Для этой цѣли предложено множество жидкостей; пользуются, напр., растворомъ 50 гр. чистой сѣрножелѣзистой соли въ 250 куб. сант. воды; дѣйствіе этого реактива заключается въ окончательномъ освобожденіи металлическаго серебра въ тѣхъ мѣстахъ, на которыя дѣйствовалъ свѣтъ. *Отмывши* неразложенныя соли сѣрноватистонатріевой солью, мы получаемъ *негативъ*, т. е. такую фотографію, въ которой свѣтлыя мѣста соотвѣтствуютъ темнымъ частямъ предмета, а темныя (металлическое серебро)—свѣтлымъ; окончательное же, или *по-*

можетъ оставаться свѣтящимся въ продолженіе нѣсколькихъ часовъ, нѣкоторыя другія тѣла способны свѣтиться лишь небольшую долю секунды. Фосфоресцированіе производится преимущественно зафіолетовыми лучами. Природа являющихся при этомъ свѣтлыхъ лучей зависитъ отъ множества обстоятельствъ, но, вообще говоря, эти лучи обладаютъ меньшей преломляемостью, нежели лучи зафіолетовые, ихъ производящіе.

Тѣ же самые темные ультрафіолетовые лучи, будучи направлены на растворъ сѣрнокислаго хинина, на настой дикаго каштановаго дерева, на урановое стекло и т. д., поглощаются этими тѣлами, которыя зато дѣлаются свѣтящимися: урановое стекло, напр., начинаетъ при этомъ издавать ярко-зеленый свѣтъ. Это явленіе называется *флуоресценціей*. Здѣсь опять энергія темныхъ лучей является въ видѣ свѣтлыхъ лучей.

Въ случаѣ флуоресценціи лучи производимые исчезаютъ такъ скоро по прекращеніи дѣйствія производящихъ, что опредѣленіе продолжительности флуоресцированія является совершенно невозможнымъ.

Теперь разсмотримъ подробнѣе строеніе *солнечнаго спектра*. Фраунгоферъ первый замѣтилъ въ солнечномъ спектрѣ множество черныхъ линій (*фиг.* 379) и въ своемъ описаніи обозначилъ ихъ буквами латинскаго алфавита *). Эти



Фиг. 379.—Основные цвѣта и важнѣйшія черныя линіи солнечнаго спектра.

зитивное изображеніе получается на стеклянной пластинкѣ или на листкѣ бумаги, предварительно покрытыхъ свѣточувствительнымъ слоемъ путемъ погруженія ихъ сперва въ растворъ поваренной соли, потомъ въ 20%-ный растворъ азотносеребряной соли. Такую пластинку или бумагу высушиваютъ, кладутъ свѣточувствительной стороной на негативъ и подвергаютъ дѣйствію свѣта. Послѣдній, проходя чрезъ свѣтлыя мѣста негатива, разлагаетъ покрывающую бумагу серебряную соль въ соотвѣтствующихъ точкахъ, такъ что на бумагѣ получается негативное изображеніе негатива, т. е. *прямое* изображеніе предмета. Промывъ бумагу въ растворѣ сѣрноватистонатріевой соли, ее погружаютъ въ растворъ хлористаго серебра, для того, чтобы, вслѣдствіе образующагося при этомъ соединенія серебра съ золотомъ, рыжій цвѣтъ темныхъ мѣстъ изображенія перешелъ въ болѣе пріятный фіолетовый.

Употребляя *бромъ-желатинныя* пластинки, мы не только получаемъ возможность фотографировать *мгновенно*, но и освобождаемся отъ необходимости проявлять изображеніе тотчасъ-же: будучи сохраняемы въ темномъ мѣстѣ, стекла не утрачиваютъ своей пригодности и спустя многіе мѣсяцы. При этомъ способѣ стекла приготовляются слѣдующимъ образомъ. Въ разведенный растворъ желатины (7 гр. желатины на 100 гр. воды) вливаютъ сначала растворъ азотносеребряной соли (4 гр. азотносеребряной соли на 10 гр. воды), потомъ—бромистаго аммонія и бромистаго калія; полученная жидкость размѣшивается до появленія отдѣльнаго осадка бромистаго серебра. По прибавленіи къ жидкости концентрированнаго горячаго раствора желатины ее снова хорошенько размѣшиваютъ. Массу, получающуюся по охлажденіи этой смѣси, разрѣзываютъ, промываютъ въ водѣ, расплавляютъ и, наконецъ, наливаютъ ровнымъ слоемъ па стеклянныя пластинки. По полученіи изображенія, послѣднее проявляется растворомъ щавелекислаго желѣза или смѣсью гидрохинона съ сѣрнистонатровой и углeнатровой солями. Во всемъ остальномъ процессъ проявленія сходенъ съ вышеописаннымъ.

Въ настоящее время обыкновенная, или *черная* фотографія является настолько усовершенствованной, что фотографическимъ путемъ легко прослѣдить отдѣльные моменты въ ритмѣ летанія птицы, лошадинаго галопа, или отдѣльныя послѣдовательныя движенія акробата въ дѣйствіи; фотографируются тончайшія развѣтвленія молніи, фотографируется звѣздное небо и въ кабинетѣ астронома уже имѣются чрезвычайно точныя небесныя карты, на которыхъ отчетливо разбираются звѣзды 14-й величины.

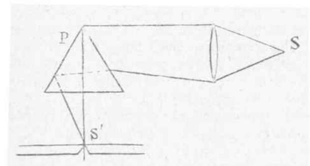
Если на пластинку, покрытую надлежащимъ слоемъ хлористаго серебра, принять спектръ, то спустя часъ или два на ней появится изображеніе спектра съ сохраненіемъ всѣхъ его нормальныхъ цвѣтовъ, но эти послѣдніе исчезаютъ весьма быстро, такъ что *цвѣтная фотографія* представляется еще покуда весьма мало совершенной.

О фотографіи можно было бы сказать еще очень многое. Но мы, понятно, вынуждены были ограничиться здѣсь лишь самымъ существеннымъ.

* Нѣсколько черныхъ линій въ спектрѣ было замѣчено уже Волластономъ, который, однако, не придалъ имъ никакого значенія.

линіи онъ счелъ характерными именно для сплошнаго свѣта, такъ какъ оказалось, что видъ и относительное расположеніе ихъ не зависитъ отъ вещества взятой для опыта призмы. Что это дѣйствительно такъ, видно также изъ того, что спектръ луны и другихъ планетъ, посылающихъ къ намъ отраженный солнечный свѣтъ, во всемъ сходенъ съ солнечнымъ; напротивъ, у каждой неподвижной звѣзды спектръ имѣетъ свои, характерныя лишь для него, черныя линіи. Для сравненія спектровъ, принадлежащихъ двумъ различнымъ источникамъ свѣта, верхнюю половину щели спектроскопа закрываютъ (*фиг.* 380) призмою съ полнымъ внутреннимъ отраженіемъ, расположенною такимъ образомъ, чтобъ она отражала въ названную половину щели лучи отъ источника S, прошедшіе чрезъ двояковыпуклую чечевицу, лучи же отъ второго источника свѣта впускаютъ чрезъ нижнюю половину щели. Благодаря этому, оба рода лучей выходятъ изъ коллиматора параллельно одни другимъ и падаютъ на призму подъ однимъ и тѣмъ же угломъ; получается два спектра, изъ которыхъ верхній принадлежитъ источнику S, а нижній второму источнику свѣта. Если въ этомъ опытѣ источникъ S есть пламя, содержащее пары натрія, а лучами второго рода служатъ солнечные, то, какъ легко замѣтить, обѣ желтыя линіи натрія какъ разъ совпадаютъ съ черными линіями D_1 и D_2 солнечнаго спектра. Подобнымъ же путемъ можно убѣдиться, что цвѣтныя линіи водорода совпадаютъ съ линіями G и F.

Изъ опыта стало извѣстно, что черныя линіи солнечнаго спектра могутъ служить точными указателями преломляемости лучей различныхъ цвѣтовъ, т.-е. что *преломляемость той или иной цвѣтной черты тождественна съ преломляемостью лучей, испускаемыхъ совпадающей съ этой чертой Фраунгоферовой линіей;* такъ, напр., желтые лучи натрія имѣютъ такую именно преломляемость, какъ лучи, испускаемые черными линіями D_1 и D_2 солнечнаго спектра. Откуда же происходятъ эти замѣчательныя черныя линіи?—На этотъ вопросъ отвѣчаютъ изслѣдованія Леона Фукò. Наблюдая спектръ солнечныхъ лучей, *прошедшихъ черезъ* пламя Вольтовой дуги, содержавшее *пары натрія,* названный ученый замѣтилъ, что линіи D_1 и D_2 дѣлаются при этомъ чернѣе и больше обыкновенныхъ линій D_1 и D_2 солнечнаго спектра, причемъ эти широкія темныя полосы какъ разъ совпадаютъ съ желтыми частями спектра одной Вольтовой дуги. Изъ этого Фукò заключилъ, что „электрическая дуга, содержащая пары натрія, — металла, испускающаго яркіе лучи преломляемости Фраунгоферовой линіи D,—обладаетъ способностью поглощать именно эти лучи“ Трудами Онгстрёма и Кирхгоффа этому выводу было придано общее значеніе. Оказалось, что *всякое пламя пропускаетъ только тѣ лучи, которыхъ оно не можетъ поглощать, и, наоборотъ, поглощаетъ именно тѣ, которые оно способно испускать* *).



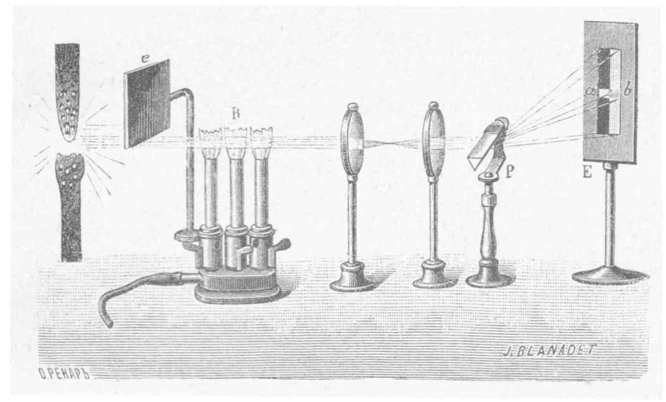
Фиг. 380.—Сравненіе двухъ спектровъ.

При достаточной толщинѣ пламени поглощеніе явится полнымъ, причемъ, въ сущности темная часть наблюдаемаго спектра (часть поглощенія) будетъ испускать лучи такой же силы, какой обладаютъ тождественные съ ними, по преломляемости, лучи поглощающаго пламени. Если, напр., на пути лучей отъ Вольтовой дуги, падающихъ на призму P (*фиг.* 381), помѣстить три газовыхъ пламени, окрашенныхъ парами натрія, то при надлежащемъ расположеніи приборовъ, мы получимъ два рядомъ лежащіе спектра: сплошной спектръ раскаленнаго угля, перерѣзанный темной полосой *b*, и прерывистый спектръ натрія, въ которомъ противъ темной полосы сплошнаго спектра лежитъ желтая полоса *a*. Въ дѣйствительности, обѣ эти полосы испускаютъ совершенно одинаковые

*) Между этимъ явленіемъ и извѣстнымъ звуковымъ явленіемъ существуетъ полная аналогія. Именно резонаторъ точно также можетъ поглощать только такіе звуки, которые онъ самъ способенъ издавать; для всѣхъ же прочихъ звуковъ онъ является, такъ сказать, проницаемымъ, т. е. по отношенію къ нимъ онъ оказывается совершенно индифферентнымъ.

лучи, но полоса *b* кажется намъ черной только потому, что ее затмѣваетъ остальная часть сплошнаго спектра, обладающая гораздо большей яркостью, нежели лучи натріеваго пламени, замѣщающіе здѣсь электрическія лучи; чѣмъ свѣтлѣе фонъ, сравнительно съ находящейся на немъ чертою, тѣмъ эта послѣдняя кажется намъ темнѣе. Получить, путемъ поглощенія, такую темную черту въ спектрѣ на мѣстѣ свѣтлой — значитъ *обратить* эту свѣтлую черту, получить *обращенный спектръ*, или, какъ еще выражаются, *спектръ поглощенія* *).

Факты, о которыхъ мы только-что говорили,—факты, добываемые *спектральнымъ анализомъ*, относятся къ категоріи наиважнѣйшихъ въ наукѣ: спектральный анализъ является единственнымъ имѣющимся въ распоряженіи астронома средствомъ къ изученію строенія небесныхъ тѣлъ. Но, несмотря на высокій интересъ, представляемый этимъ отдѣломъ физики, мы вынуждены ограничиться сказаннымъ и перейти къ разсмотрѣнію совершенно иныхъ явленій.



Фиг. 381.—Обращеніе цвѣтныхъ линій спектра. *e*—экранъ, перехватывающій часть свѣтового пучка; E—экранъ, на которомъ наблюдается обращеніе.

---

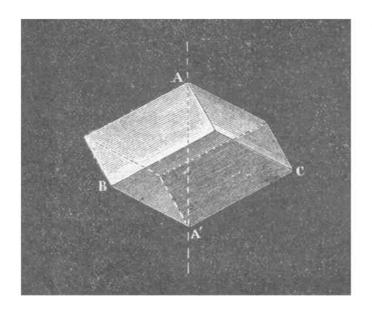
*) Если солнце окружено атмосферою, способною испускать лучи тѣхъ же преломляемостей, какъ лучи темныхъ (Фраунгоферовыхъ) линій солнечнаго спектра, то существованіе послѣднихъ, очевидно, можетъ быть объяснено поглощеніемъ упомянутой атмосферою нѣкоторыхъ изъ лучей, испускаемыхъ раскаленнымъ центральнымъ ядромъ солнца. Въ этомъ-то и состоитъ теорія Кирхгоффа. Изъ такого представленія слѣдуетъ, что для опредѣленія природы тѣхъ парообразныхъ тѣлъ, которыя находятся въ атмосферѣ солнца или вообще какой-либо неподвижной звѣзды, достаточно найти тѣ вещества, которыя, будучи введены въ блѣдное пламя (напр., газовое), даютъ свѣтлыя линіи, совпадающія съ темными линіями спектра данной звѣзды. Кирхгоффъ, Онгстрёмъ и Таленъ а позднѣе, въ 1878 г., Локайеръ доказали существованіе въ солнечной атмосферѣ двадцати металловъ; въ настоящее время мы уже насчитываемъ не менѣе тридцати.

Но не всѣ видимыя въ солнечномъ спектрѣ черныя линіи могутъ быть объяснены вышеупомянутымъ путемъ; нѣкоторыя изъ нихъ слѣдуетъ свести на поглощеніе нераскаленными элементами земной атмосферы: это такъ-называемыя *атмосферическія* (теллурическія) *спектральныя линіи*, изученныя Янсеномъ, Корню и др. Подобнаго рода *спектръ поглощенія* легко получить, пропуская солнечные лучи чрезъ трубку съ азотноватымъ ангидридомъ. Въ настоящее время химикамъ уже извѣстны спектры всѣхъ газовъ.

Замѣтимъ здѣсь, что въ инфракрасной (тепловой) части спектра имѣются такія линіи, которыя испускаютъ ничтожное количество тепловыхъ лучей: это именно линіи поглощенія въ названной части спектра; ихъ легко наблюдать при помощи болометра Ланглея. Точно также въ ультрафіолетовой части спектра существуютъ недѣятельныя линіи, иначе—линіи поглощенія. Маскаръ и Корню показали, что эти линіи могутъ быть сфотографированы, благодаря тому, что соотвѣтствующія имъ мѣста чувствительнаго слоя не подвергаются никакому химическому дѣйствію. Въ существованіи ихъ также легко убѣдиться, наблюдая, чрезъ окуляръ Рамсдена, урановое стекло, подвергаемое дѣйствію ультрафіолетовыхъ лучей: именно, въ мѣстахъ, соотвѣтствующихъ недѣятельнымъ линіямъ въ ультрафіолетовой части спектра, урановое стекло не обнаруживаетъ флуоресценціи.

Не всѣ прозрачныя тѣла относятся къ свѣту такъ, какъ стекло или вода. Путемъ изслѣдованій надъ минераломъ, извѣстнымъ подъ названіемъ *исландскаго шпата* *), Эразмъ Бартолинъ доказалъ, что падающій пучекъ свѣтовыхъ лучей можетъ, путемъ преломленія, распасться на два отдѣльныхъ пучка. Это—явленіе такъ-называемаго *двойного преломленія*.

Пусть на ромбоедръ исландскаго шпата R падаетъ перпендикулярно пучекъ свѣтовыхъ лучей А (*фиг.* 383). Тогда замѣтимъ, что одна часть лучей проходитъ черезъ кристаллъ безъ отклоненія и выходитъ въ О, между тѣмъ какъ другая, преломившись, принимаетъ въ кристаллѣ направленіе *то* и выходитъ въ Е, параллельно А и О; плоскость, въ которой лежатъ пучки А ,О и Е, параллельна линіи, соединяющей вершины тупыхъ угловъ двухъ противолежащихъ граней, встрѣчаемыхъ этими пучками. Если мы станемъ поворачивать кристаллъ такъ, чтобы онъ все время оставался перпендикулярнымъ къ А, то убѣдимся, что пучекъ О сохраняетъ при этомъ свое первоначальное направленіе, въ то время какъ Е вращается вокругъ названнаго пучка; желая сказать, что пучекъ, или—для простоты — лучъ О является такимъ же, какимъ онъ былъ бы и въ случаѣ стекляннаго ромбоедра, называютъ этотъ лучъ *обыкновеннымъ*, обозначая въ то же время лучъ Е, повинующійся особому закону преломленія, какъ *необыкновенный*.

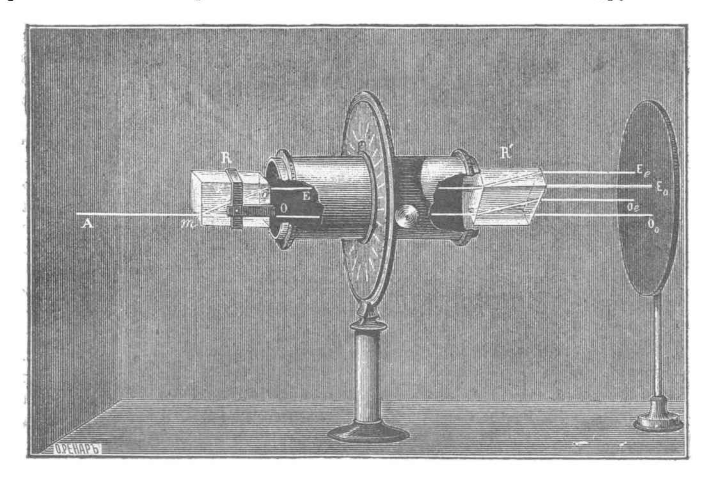


Фиг. 382.—Ромбоедръ исландскаго шпата (углекислая известь).

Если въ R′ помѣстить еще одинъ такой же ромбоедръ R′, то, изъ послѣдняго, какъ и нужно было предвидѣть, выйдутъ уже четыре пучка. О раздѣлится на пучки O_o и O_e, а Е — на E_o и E_e. Если теперь будетъ вращать одинъ изъ ромбоедровъ, напр., R′, то вторичные обыкновенные пучки O_o и E_o не измѣнятъ своихъ направленій, пучки же O_e иЕ станутъ вращаться вокругъ O_o и E_o; кромѣ того, яркости послѣднихъ, какъ впервые замѣтилъ Гюйгенсъ, при этомъ измѣняются. Для того, чтобъ облегчить себѣ изученіе того закона, которому подчиняется это измѣненіе силы свѣта, — чтобы упростить опытъ, исключимъ пучекъ Е. Тогда будемъ имѣть на экранѣ только два изображенія—O_o и O_e. При извѣстномъ положеніи ромбоедра R′ изображеніе O_o исчезнетъ, а изображеніе O_e, наоборотъ, достигнетъ въ это время наибольшей яркости, затѣмъ яркость изображенія O_o станетъ увеличиваться, а яркость O_e, напротивъ, уменьшаться. При поворотѣ ромбоедра на 45° отъ этого положенія оба изображенія имѣютъ одинаковую яркость, далѣе же все болѣе и болѣе яркимъ является изображеніе O_o, и при 90° оно достигнетъ своей наибольшей яркости, между тѣмъ какъ необыкновенное изображеніе O_e совершенно исчезаетъ. Указанный рядъ явленій повторяется затѣмъ для каждой новой четверти окружности; фигура 384 показываетъ описанное измѣненіе яркостей двухъ изображеній для полнаго оборота

*) Исландскій шпатъ является въ видѣ крупныхъ кристалловъ, легко раскалывающихся на ромбоедры. Ромбоедръ (*фиг.* 382) есть гексаидъ (шестигранникъ) съ шестью равными и наклонными между собою гранями, имѣющими форму ромба. Три тупыхъ угла сходятся въ вершинѣ А, еще три—въ А′. Линія АА′, соединяющ.я эти двѣ вешрины, называется *кристаллографическою осью* исландскаго шпата. Если, взявъ кристаллъ большимъ и указательнымъ пальцами за вершины А и А′, разсматривать его при поворачиваніи около оси АА′, то увидимъ, что при каждомъ оборотѣ онъ проходитъ три раза черезъ одно и то же положеніе; поэтому о такомъ кристаллѣ говорятъ, что онъ имѣетъ *тройную симметрію*. Всякій кристаллъ, у котораго существуетъ линія, подобная АА′, каково бы ни было число прохожденій чрезъ одно и то же положеніе, называется *одноосными*; число же прохожденій указываетъ при этомъ на *порядокъ* его *симметріи*.

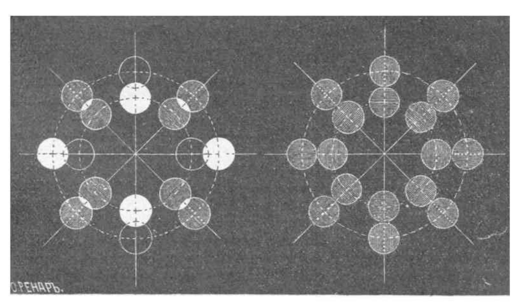
ромбоедра R'. Если изображенія O_o и O расположены на экранѣ такимъ образомъ, что частью сливаются одно съ другимъ, то ихъ общая часть сохраняетъ постоянно одну и ту же яркость; изъ этого очевидно, что яркости обоихъ изображеній являются строго *дополнительными* одна по отношенію къ другой: сила



Фиг. 383.—Прямолинейная поляризація свѣта.

свѣта падающаго пучка O раздѣляется между выходящими пучками O_o и O_e — различно для различныхъ относительныхъ положеній ромбоедровъ R и R'.

Плоскость, проходящая чрезъ ось AA' ромбоедра (*фиг.* 382) и линіи, дѣлящія пополамъ тупые углы двухъ противолежащихъ граней, называется



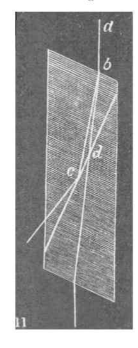
1. Фиг. 384. 2.

1. Послѣдовательныя яркости обоихъ изображеній при перемѣщеніи главнаго сѣченія анализатора R' относительнаго такого же сѣченія поляризатора R.

2. Яркости обыкновеннаго (O) и необыкновеннаго (E) изображеній, даваемыхъ однимъ только поляризаторомъ R, не зависятъ отъ положенія главнаго сѣченія поляризатора по отношенію къ пучку A.

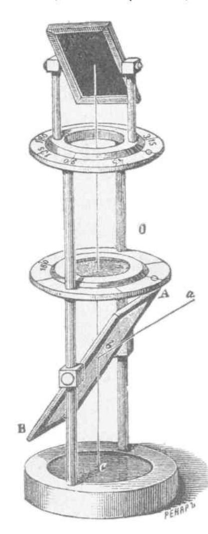
главнымъ сѣченіемъ ромбоедра; это сѣченіе перпендикулярно къ упомянутымъ гранямъ. Полное исчезновеніе одного изображенія, рядомъ съ наибольшей яркостью другого, бываетъ тогда, когда *главное сѣченіе ромбоедра R', принимаетъ*

положеніе, параллельное или перпендикулярное къ такому же сѣченію ромбоедра R. Такимъ образомъ, между пучкомъ А и происходящимъ изъ него пучкомъ О существуетъ большое различіе: въ то время, какъ при вращеніи ромбоедра R яркость пучковъ О и Е (данныхъ пучкомъ А) остается безъ измѣненія, яркости пучковъ O_o и O_e, происходящихъ отъ раздѣленія О, напротивъ, періодически измѣняются при поворачиваніи ромбоедра R′, становясь равными между собой тогда, когда главное сѣченіе кристалла R′ принимаетъ положенія, симметричныя по отношенію къ главному сѣченію ромбоедра R, или, что то же, къ плоскости, перпендикулярной къ этому сѣченію. Эту симметричность пучка О выражаютъ, говоря, что свѣтъ упомянутаго пучка представляется *поляризованнымъ* *), причемъ за *плоскость поляризаціи* пучка произвольно берется главное сѣченіе ромбоедра R. На этомъ-то основаніи ромбоедръ R называютъ *поляризаторомъ*, а R′, т.-е. ромбоедръ, помощью котораго обнаруживаются свойства поляризованнаго пучка, ромбоедръ, разлагающій, *анализирующій* этотъ пучокъ,—*анализаторомъ*. Различіе между тѣмъ и другимъ вытекаетъ лишь изъ ихъ различнаго положенія, а потому и роли, въ опытѣ.



Фиг. 385.—Ходъ обыкновеннаго и необыкновеннаго лучей въ Николевой призмѣ.

Наблюдая такимъ же способомъ необыкновенный пучокъ Е, убѣждаемся, что и онъ также является поляризованнымъ; но разница въ томъ, что, изображеніе E_o получаетъ наибольшую яркость въ тотъ моментъ, когда исчезаетъ O_o, а изображеніе E_e — тогда, когда исчезаетъ O_e. Это отличіе объясняютъ тѣмъ, что плоскостью симметріи или поляризаціи необыкновеннаго пучка служитъ плоскость, перпендикулярная къ главному сѣченію кристалла R, т.-е. къ плоскости поляризаціи обыкновеннаго пучка О; поэтому говорятъ, что *изъ ромбоедра R выходятъ два пучка, которые поляризованы во взаимно-перпендикулярныхъ плоскостяхъ* **).



Фиг. 386. — Поляризація свѣта черезъ отраженіе.

*) Отъ греч. πολέω (полео)—вращать.

**) Пластинка, вырѣзанная изъ кристалла, также раздваиваетъ падающій лучъ, поляризуя оба выходящіе луча во взаимно-перпендикулярныхъ плоскостяхъ. Если двѣ пластинки вырѣзаны изъ кристалла по плоскостямъ, образующимъ съ осью ромбоедра одинъ и тотъ же уголъ, то дѣйствіе ихъ на лучъ одинаково. Если, наконецъ, пластинка вырѣзана перпендикулярно къ оси АА′, то лучъ, падающій на пластинку перпендикулярно къ ней, т.-е. параллельно оси, не раздваивается; другими словами, кристаллографическая ось есть въ то же время и ось *оптической симметріи*. Слѣды главнаго сѣченія анализатора на кристаллической пластинкѣ, соотвѣтствующіе тѣмъ моментамъ, когда свѣтъ, посылаемый ему послѣднею, исчезаетъ или достигаетъ максимальной яркости, называются *главными сѣченіями пластинки*. Направленія эти обыкновенно отмѣчаются на всякой пластинкѣ.

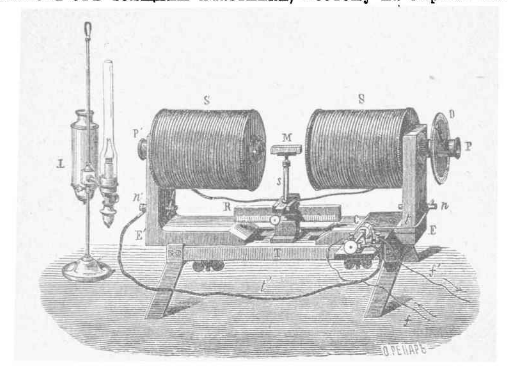
Разсматривая свѣтовой лучъ чрезъ призму изъ исландскаго шпата, мы получаемъ два спектра: обыкновенный и необыкновенный.

Всѣ одноосные кристаллы, различные въ различной степени, относятся къ свѣту такъ, какъ исландскій шпатъ: послѣ шпата, наиважнѣйшимъ въ этомъ отношеніи минераломъ является кварцъ.

Малюсъ показалъ, что свѣтъ поляризуется и *путемъ отраженія*. Если пучекъ *ab* падаетъ на черное стеклянное зеркало АВ подъ угломъ въ 35° 25′, то отраженный пучекъ является поляризованнымъ. Въ этомъ легко убѣдиться, пропуская его чрезъ ромбоедръ (*фиг.* 386); при этомъ онъ обнаруживаетъ тѣ же свойства, какъ обыкновенный лучъ, вышедшій изъ такого ромбоедра, главное сѣченіе котораго совпадаетъ съ плоскостью паденія пучка на зеркало. Такимъ образомъ, плоскостью поляризаціи служитъ именно плоскость паденія. Анализаторомъ можетъ также служить другое подвижное зеркало (*фиг.* 386), причемъ наблюдаютъ измѣненія яркости вторично-отраженнаго луча при перемѣщеніи плоскости второго отраженія по отношенію къ плоскости перваго отраженія.

Въ качествѣ поляризаторовъ и анализаторовъ обыкновенно употребляются сдѣланныя изъ исландскаго шпата *призмы Николя* (*фиг.* 385),—приборы, дающіе возможность разсматривать только необыкновенный лучъ, чѣмъ значительно упрощается наблюденіе.

Если между двумя Николевыми призмами — поляризаторомъ и анализаторомъ—помѣстить *тонкую* кристаллическую пластинку, то изображенія О и Е будутъ окрашены во взаимно-дополнительные цвѣта. Это явленіе, открытое Араго въ 1811 г., извѣстно подъ названіемъ *цвѣтной* (хроматической) *поляризаціи*. Повернувъ поляризаторъ или анализаторъ на 90°, получимъ изображенія О и Е, окрашенныя въ цвѣта, дополнительныя къ первоначальнымъ. Яркость цвѣтовъ измѣняется въ зависимости отъ угловъ, образуемыхъ главными сѣченіями пластинки съ такими же сѣченіями поляризатора и анализатора: она наибольшая въ томъ случаѣ, когда главныя сѣченія пластинки образуютъ съ главными сѣченіями какъ поляризатора, такъ и анализатора уголъ въ 45°. Цвѣтъ окраски зависитъ также и отъ толщины пластинки; поэтому на экранѣ можно получить



Фиг. 387.—Электромагнитъ Фарадея. Магнитное вращеніе плоскости поляризаціи свѣта.

ту или иную цвѣтную фигуру, напр., фигуру бабочки или цвѣтка, выдалбливая пластинку въ соотвѣтствующихъ мѣстахъ и на соотвѣтствующую, въ различныхъ мѣстахъ различную, глубину.

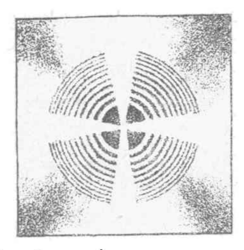
Толстыя пластинки не производятъ описанной окраски.

Вообще говоря, кристаллическая пластинка, вырѣзанная перпендикулярно къ оси, не даетъ цвѣтной поляризаціи, такъ какъ въ этомъ направленіи не происходитъ двойнаго преломленія. Есть, однако, исключенія; такое исключеніе представляетъ, напр., минералъ *кварцъ*. Если между поляризаторомъ и анализаторомъ помѣстить пластинку кварца, вырѣзанную перпендикулярно къ оси кристалла, то получится окрашиваніе, не измѣняющее своей яркости при вращеніи пластинки, мѣняющее цвѣтъ при поворачиваніи анализатора, но никогда не исчезающее и никогда не становящееся бѣлымъ.

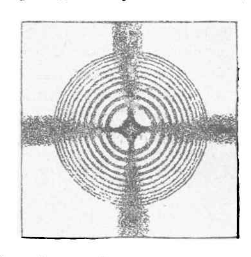
Сначала будемъ производить опытъ съ однороднымъ свѣтомъ. Если поставимъ анализаторъ подъ прямымъ угломъ къ поляризатору (и тотъ, и другой представляютъ собою Николевы призмы), то лучъ изъ прибора не выйдетъ: изображенія на экранѣ не получится; но если между Николевыми призмами

Равнымъ образомъ получается болѣе или менѣе полная поляризація свѣта и въ томъ случаѣ, если послѣдній многократно отражается и преломляется, проходя черезъ такъ-называемый *стеклянный столбикъ*, т.-е. нѣсколько наложенныхъ одна на другую стеклянныхъ пластинокъ. Неполной поляризаціей называется такая, при которой анализаторъ ни въ какомъ положеніи не даетъ исчезновенія испытуемаго луча.

будетъ находиться пластинка кварца, вырѣзанная перпендикулярно къ кристаллографической оси, то лучъ будетъ выходить изъ прибора, и для погашенія его нужно будетъ повернуть анализаторъ на нѣкоторый уголъ; поэтому кварцу приписываютъ особую *способность—вращать плоскость поляризаціи* падающаго луча. Такою способностью, замѣченною впервые Араго́ въ 1811 г., обладаютъ, кромѣ кварца, многія твердыя, жидкія и даже газообразныя тѣла. *Вращательная способность* зависитъ отъ природы вещества, отъ толщины проходимаго свѣтомъ слоя и, наконецъ, отъ того, какого цвѣта лучи проходятъ чрезъ это вещество*).



Случай взаимной параллельности главныхъ сѣченій поляризатора и анализатора.

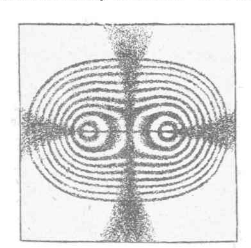


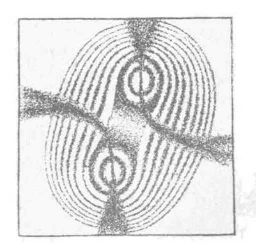
Случай взаимной перпендикулярности главныхъ сѣченій поляризатора и анализатора.

Фиг. 388.—Цвѣтныя кольца, получаемыя при прохожденіи сходящихся лучей поляризованнаго свѣта черезъ тонкую пластинку, вырѣзанную изъ однооснаго кристалла перпендикулярно къ оси.

Одни тѣла вращаютъ плоскость поляризаціи *влѣво* отъ наблюдателя, воспринимающаго свѣтовой лучъ по выходѣ послѣдняго изъ анализатора, между тѣмъ какъ другія отклоняютъ эту плоскость *вправо*.

Если будемъ производить опытъ со сложнымъ свѣтомъ, напр., со свѣтомъ солнечнымъ, свѣтомъ отъ лампы и т. п., то замѣтимъ, что при различныхъ положеніяхъ поляризатора исчезаютъ различные лучи, такъ какъ для каждаго цвѣта существуетъ свой уголъ вращенія плоскости поляризаціи; въ



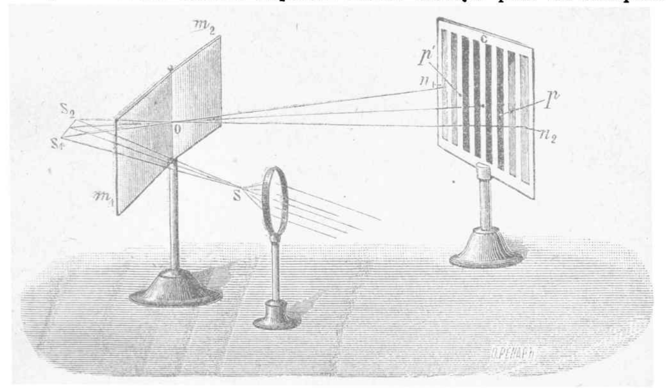


Фиг. 389. Цвѣтная поляризація въ случаѣ пластинки, вырѣзанной изъ неоднооснаго кристалла.

*) Прозрачныя тѣла, какъ стекло, напр., не обладаютъ вращательной способностью. Однако, тѣ же тѣла, напр., кубъ изъ флинтгласа, пріобрѣтаютъ эту способность, если въ томъ пространствѣ, въ которомъ находится подобное тѣло, произвести магнитное поле (*фиг.* 387), причемъ способность эта тѣмъ больше, чѣмъ многочисленнѣе силовыя линіи и чѣмъ направленіе послѣднихъ ближе къ направленію падающаго пучка. На упомянутой фигурѣ источникъ свѣта помѣщается въ L, поляризаторъ въ P′, а анализаторъ въ P. Явленіе *магнитнаго вращенія плоскости поляризаціи* было замѣчено Фарадеемъ въ 1845 г., при его изслѣдованіяхъ надъ связью между свѣтомъ и электричествомъ. Въ различной степени указанная способность сообщается магнитнымъ полемъ всѣмъ безъ исключенія тѣламъ.

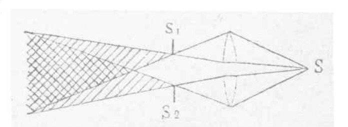
частности, при исчезновеніи желтыхъ лучей получается сѣровато-красная или пурпурная окраска, извѣстная подъ названіемъ *чувствительной окраски*, такъ какъ при малѣйшемъ поворотѣ анализатора въ ту или другую сторону эта окраска переходитъ въ голубую или красную. Этой-то окраской и пользуются для опредѣленія вращательной способности того или иного вещества, когда опредѣленіе производится при помощи неодноцвѣтнаго поляризованнаго свѣта.

Въ томъ случаѣ, когда на кристаллическую пластинку падаютъ не параллельные, а *сходящіеся* лучи, явленіе цвѣтной поляризаціи получаетъ уже иной характеръ: тутъ мы наблюдаемъ *цвѣтныя кольца*, перерѣзанныя чернымъ или бѣлымъ, смотря по положенію анализатора, крестомъ (*фиг.* 388). Пластинки, вырѣзанныя изъ неодноосныхъ кристалловъ, даютъ еще болѣе сложныя фигуры (*фиг.* 389). Указанныя явленія играютъ весьма важную роль въ минералогіи.



Фиг. 390.—Интерференція свѣта. Опытъ Френеля съ двумя зеркалами.

Англійскій астрономъ Эйри, стараясь уничтожить дѣйствіе правой кварцевой пластинки противоположнымъ дѣйствіемъ лѣвой пластинки кварца, замѣтилъ слѣдующее любопытное явленіе: изъ центра колецъ, гдѣ дѣйствія обѣихъ пластинокъ дѣйствительно взаимно уничтожались, выходили *спирали*, направленныя *вправо* или *влѣво*, смотря по тому, была ли пластинка, обращенная къ анализатору, *лѣвой* или *правой;* спирали эти пересѣкаютъ крестъ по двумъ перпендикулярнымъ другъ къ другу діаметрамъ.



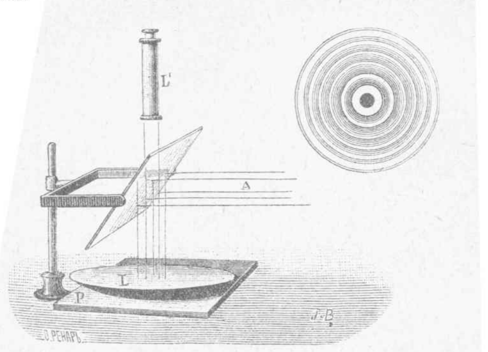
Фиг. 391.—Интерференція вслѣдствіе взаимодѣйствія лучей, идущихъ изъ двухъ источниковъ—S_1 и S_2, представляющихъ дѣйствительныя изображенія источника S въ двухъ половинахъ двояковыпуклой чечевицы.

Теперь вернемся къ изученію неполяризованнаго свѣта. Прежде всего, отмѣтимъ тотъ важный фактъ, что *прибавленіе свѣта къ свѣту можетъ производить темноту*. Повторяя относящійся сюда опытъ Френеля, возьмемъ два зеркала m_1 и m_2, наклоненныя одно къ другому подъ угломъ, близкимъ къ 180° (*фиг.* 390), и заставимъ падать на нихъ сперва однородные, положимъ, красные лучи изъ источника S. По отраженіи отъ обоихъ зеркалъ лучи въ пространствѣ n_1on_2 будутъ наложены одни на другіе, а между тѣмъ на экранѣ въ этомъ пространствѣ мы будемъ видѣть рядъ красныхъ полосъ, раздѣленныхъ черными промежутками, идущими приблизительно параллельно линіи пересѣченія обоихъ зеркалъ. Если вмѣсто источника S будемъ брать лучи иной преломляемости, то убѣ-

димся, что чѣмъ болѣе преломляемы взятые лучи, тѣмъ уже отдѣльныя полоски, и тѣмъ, слѣдовательно, ихъ больше содержится въ углѣ n_1on_2, т.-е. ихъ меньше всего при красныхъ и больше всего при фіолетовыхъ лучахъ. Срединная полоса C во всѣхъ случаяхъ представляется свѣтлою. Очевидно, въ описанномъ опытѣ *все происходитъ такъ, какъ еслибы свѣтъ шелъ отъ источниковъ S_1 и S_2 — мнимыхъ изображеній источника S.*

Ясно, что бѣлый свѣтъ долженъ при этомъ опытѣ раздѣляться, причемъ срединная полоса должна представляться бѣлою.

Если вмѣсто зеркалъ взять двѣ половины чечевицы, то источники S_1 и S_2 сдѣлаются дѣйствительными (*фиг.* 391), и явленіе будетъ носить совершенно тотъ же характеръ. Если же къ двумъ первоначально взятымъ зеркаламъ прибавить еще третье m_3, расположенное такимъ образомъ, чтобы однородный пучекъ, отраженный отъ m_1, прежде чѣмъ слиться съ пучкомъ, отраженнымъ отъ m_2, вторично отразился отъ m_3, но такъ, однако, чтобы путь, имъ проходимый, былъ не длиннѣе, чѣмъ безъ этого второго отраженія, то явленіе получается въ обратномъ видѣ: тамъ, гдѣ раньше были свѣтлыя полосы, теперь находятся темныя, и наоборотъ.



Фиг. 392.—Ньютоновы цвѣтныя кольца при наклоненіи зеркала подъ угломъ въ 45°.

Для того, чтобы получить круговыя полоски, нужно поступить такъ, какъ поступалъ Ньютонъ. На зеркало безъ подводки, наклоненное подъ угломъ въ 45° (*фиг.* 392), направляютъ однородный пучекъ параллельныхъ лучей A, который, по отраженіи отъ этого зеркала, вновь отражается отъ другой системы, состоящей изъ стеклянной пластинки P и лежащей подъ ней чечевицы L. Наблюдатель рассматривающій эти вторично-отраженные лучи въ трубку L', видитъ рядъ одноцвѣтныхъ колецъ.

Квадраты діаметровъ черныхъ полосъ относятся между собой, какъ рядъ четныхъ чиселъ: 0, 2, 4, 9..., *а—свѣтлыхъ,—какъ рядъ нечетныхъ чиселъ:* 1, 3, 5, 7.... Точно такъ же относятся между собою толщины слоя, заключеннаго между L и P.

Такъ какъ, чѣмъ болѣе преломляемы лучи, тѣмъ тѣснѣе располагаются кольца вокругъ центра, то бѣлый, т.-е. сложный, свѣтъ, очевидно, долженъ разсѣеваться: цвѣта должны получаться раздѣльно.

Чѣмъ большей преломляющей силою обладаетъ прозрачный слой, заключенный между пластинкой P и чечевицей, тѣмъ шире кольца: *квадраты ихъ діаметровъ находятся въ обратномъ отношеніи къ показателю преломленія этого слоя.*

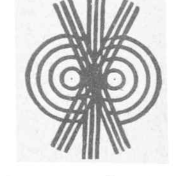
Законы цвѣтныхъ колецъ установлены Ньютономъ, который произвелъ всѣ относящіяся сюда измѣренія простымъ циркулемъ.

Кольца, получающіяся путемъ преломленія свѣта, представляются окрашенными въ цвѣта, дополнительныя относительно колецъ, наблюдаемыхъ при

отраженіи. Это явленіе сходно съ обращеніемъ цвѣтныхъ полосъ, наблюдаемыхъ помощью отраженія отъ двухъ зеркалъ, происходящимъ въ томъ случаѣ, если заставить одинъ изъ пучковъ отразиться не разъ, а два раза.

Только-что описанныя явленія называются *явленіями интерференціи свѣта*. Для полученія подобныхъ явленій всегда необходимо наложеніе другъ на друга двухъ пучковъ лучей; при исключеніи одного изъ нихъ, напр., пучка, отраженнаго отъ m_1, въ опытѣ съ двумя зеркалами, полосы исчезаютъ. Обыкновенно такія полосы принимаются на матовое стекло и разсматриваются при помощи лупы Френеля, т.-е. лупы, снабженной сѣткою.

Юнгъ указалъ, что, если на пластинку съ двумя отверстіями принять пучёкъ солнечныхъ лучей, предварительно прошедшій чрезъ отверстіе, то получится два ряда радужныхъ концетрическихъ окружностей (*фиг.* 393), отдѣленныхъ одинъ отъ другого нѣсколькими прямолинейными полосками. Если желаютъ устранить радужные оттѣнки, то помѣщаютъ какое нибудь одноцвѣтное стекло. Закрывая одно изъ двухъ отверстій, уничтожаемъ прямолинейныя полоски вмѣстѣ съ однимъ рядомъ окружностей; отсюда слѣдуетъ, что для появленія полосокъ необходимы два отверстія, или, лучше сказать, два проходящихъ чрезъ нихъ пучка, между тѣмъ какъ рядъ окружностей производится каждымъ отверстіемъ, независимо отъ другого отверстія: полосы зависятъ отъ интерференціи въ собственномъ смыслѣ слова, окружности же отъ особаго явленія, извѣстнаго подъ названіемъ *диффракціи*, или *уклоненія свѣта*.



Фиг. 393. — Полосы и окружности въ опытѣ Юнга съ двумя отверстіями. Интерференція рядомъ съ диффракціей.

Диффракціонныя полосы являются всякій разъ, когда для свободнаго распространенія свѣта является какое-нибудь препятствіе—въ видѣ края экрана, боковъ узкой щели, натянутаго волоса и т. п.; такъ, напр., тѣнь отъ волоса состоитъ изъ срединной свѣтлой полоски, по бокамъ которой замѣчаются чередующіяся между собой свѣтлыя и темныя полоски.

Объясненіе указаннымъ явленіямъ даетъ теорія волнообразнаго движенія. Въ своемъ мѣстѣ было указано, что звукъ производится періодическими колебаніями матеріальныхъ частичекъ, — колебаніями, распространяющимися въ средѣ, подобной воздуху, шаровыми (сферическими) между собой волнами. Если λ есть длина волны разсматриваемаго звука, то, какъ мы видѣли на стр. 46, воздухъ, окружающій колеблющуюся точку P на протяженіи полуволны — $\frac{\lambda}{2}$, попеременно то сгущается, то разрѣжается, причемъ состояніе сгущенія или разрѣженія длится половину періода; въ случаѣ поперечныхъ колебаній мы имѣемъ попеременныя поднятія и опущенія частичекъ, длящіяся столько же времени (*фиг.* 45): при колебаніи той или иной среды *двѣ частицы, отдѣленныя одна отъ другой разстояніемъ, равнымъ четному числу полуволнъ, движутся въ каждый моментъ съ одинаковой скоростью и въ одну и ту же сторону; частички же, разстоянія между которыми равно нечетному числу полуволнъ, движутся также съ одинаковой скоростью, но въ противоположныя стороны* *). Отсюда слѣдуетъ, что частица p (*фиг.* 390), помѣщающаяся на разстояніяхъ S_1p и S_2p отъ двухъ вибрирующихъ въ униссонъ точекъ S_1 и S_2, вынуждается двигаться заразъ въ противоположныя стороны въ томъ случаѣ, если разность между разстояніями S_1p и S_2p равна нечетному числу полуволнъ; другими словами, частица p должна оставаться въ покоѣ. Если же разность путей S_1p и S_2p равна четному числу полуволнъ, то оба колебанія, напротивъ, складываются на частицѣ p, такъ что послѣдняя получаетъ свое максимальное движеніе. Эти-то явленія—

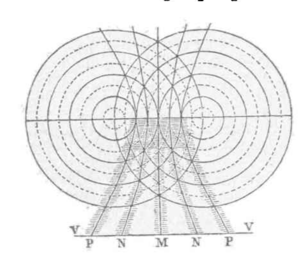
---

*) Чрезвычайно важное значеніе этого принципа показали англійскій физикъ Томасъ Юнгъ (род. въ 1773 г., ум. въ 1829 г.) и французскій ученый Френель (род. въ 1788 г., ум. въ 1827 г.).

ослабленіе и наоборотъ *усиленіе* колебательнаго движенія — называются *интерференціей* *).

Предположимъ, что и свѣтъ есть результатъ періодическаго колебательнаго движенія, распространяющагося, подобно звуку, волнообразно съ постоянною скоростью, благодаря существованію разлитой въ міровомъ пространствѣ безконечно тонкой среды, извѣстной подъ названіемъ *эфира*. Тогда легко будетъ объяснить себѣ полосы интерференціи. Примѣняя разсужденіе, сходное съ предъ-

*) На фигурѣ 394 изображены два ряда концентрическихъ волнъ, исходящія изъ двухъ точекъ, колеблющихся въ униссонъ, иначе — изъ двухъ синхроничныхъ источниковъ колебаній. Радіусы волнъ равны: $\frac{\lambda}{2}$, $\frac{2\lambda}{2}$, $\frac{3\lambda}{2}$,... Волны, радіусы которыхъ равны нечетному числу полуволнъ, или какъ говорятъ, *нечетныя* обозначены пунктиромъ; тѣ же, которыя имѣютъ радіусомъ четное число полуволнъ—*четныя* волны — начерчены непрерывными линіями. Тамъ, гдѣ встрѣчаются между собою двѣ одноименныя волны, т.-е. гдѣ разность пройденныхъ путей равна четному числу полуволнъ, колебанія, очевидно, складываются, получается усиленіе движенія; такія мѣста называютъ *вздутіями колебаній*, или *полосами наибольшаго перемѣщенія*. Въ точкахъ же встрѣчи двухъ разноименныхъ волнъ, гдѣ разность хода, т.-е. разность радіусовъ этихъ волнъ, равна нечетному числу полуволнъ, колебанія, наоборотъ, вычитаются. Этого рода мѣста называются *узлами колебаній*, или *полосами наименьшаго перемѣщенія*. Вздутія обозначены на фигурѣ заштрихованными кривыми, промежутки между которыми представляютъ собою узлы. Различныя системы полосъ воспринимаются нашими органами чувствъ различнымъ образомъ, въ зависимости отъ величины періода колебанія синхроничныхъ источниковъ и отъ природы колеблющейся среды. Исходя изъ такого возрѣнія, выражаютъ *законы интерференціи* слѣдующимъ образомъ:

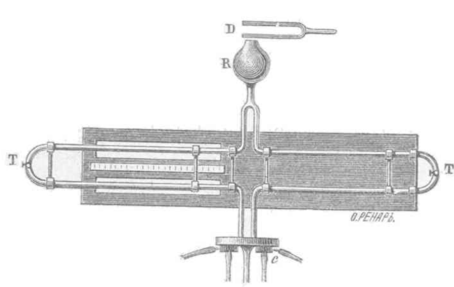


Фиг. 394.—Усиленіе колебаній въ мѣстахъ встрѣчи одноименныхъ волнъ. Уничтоженіе колебаній въ мѣстахъ встрѣчи разноименныхъ волнъ.

Встрѣча двухъ одноименныхъ волнъ производитъ максимальное колебаніе.

Встрѣча двухъ разноименныхъ волнъ даетъ, напротивъ, минимальное колебаніе.

Для звука то и другое легко доказать непосредственнымъ опытомъ. Звукъ, издаваемый камертономъ D надъ резонаторомъ R (*фиг.* 395), распространяется далѣе по трубамъ T и T′, и при выходѣ изъ аппарата воздушныя колебанія той и другой трубы сходятся, сливаются между собою. Выдвигая трубу T на ту или иную длину, измѣняютъ соотвѣтственнымъ образомъ и разность путей, проходимыхъ колебаніями, исходящими въ обѣ стороны изъ резонатора R. Если, при этомъ, разность хода колебаній, идущихъ по трубамъ T и T′, сдѣлается равною четному числу полуволнъ того звука, который издаетъ камертонъ D, то у выхода получится максимальное колебаніе; напротивъ, перемѣщеніе воздушныхъ частицъ будетъ равно нулю, каждый разъ, когда разность хода T′—T будетъ равна нечетному числу полуволнъ упомянутаго звука. Убѣдиться въ сказанномъ можно, или прикладывая выходную трубку къ уху, или устроивъ, при помощи ея, манометрическую капсулу Кенига (см. стр. 155). Такимъ путемъ можно опредѣлить длину волны даннаго звука, а черезъ это и скорость, если извѣстенъ его періодъ.



Фиг. 395.—Аппаратъ Кёнига для наблюденія интерференціи (усиленія и ослабленія) звуковыхъ волнъ

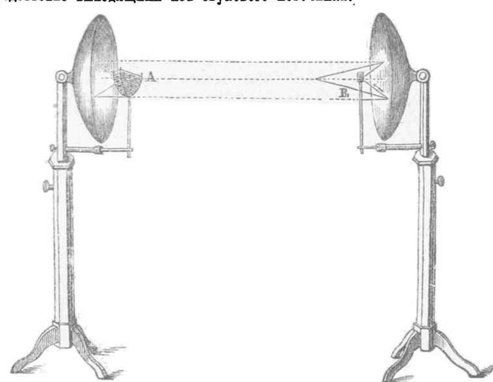
Замѣтимъ, что звукъ отражается по тому же закону, какъ и свѣтъ. Если, напр., расположить другъ противъ друга два сферическія зеркала (*фиг.* 396), то ясно слышно тиканье часовъ, помѣщенныхъ въ фокусѣ одного изъ зеркалъ, A (на рисункѣ здѣсь изображена корзинка), если приложить ухо къ фокусу другого зеркала. *Эхо* есть не что иное, какъ отраженіе звуковыхъ волнъ отъ тѣхъ или иныхъ преградъ.

Саваръ и Зеебекъ показали, что первичныя (прямыя) волны интерферируютъ съ волнами, отражаемыми, напр., вертикальной стѣной. Мнимое изображеніе звуковаго источника образуется, какъ

идущимъ, мы приходимъ къ заключенію, чтъ въ опытѣ съ двумя зеркалами *темныя полосы* получаются на экранѣ во всѣхъ тѣхъ мѣстахъ p—, гдѣ разность разстояній S_1p и S_2p равна нечетному числу полуволнъ, исходящихъ изъ источниковъ S_1 и S_2,—гдѣ, употребляя краткое выраженіе: $S_1p - S_2p = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$; *свѣтлыя же полосы* являются въ мѣстахъ p' гдѣ $S_1p' - S_2p' = 2n\frac{\lambda}{2}$. Въ срединныхъ точкахъ C разность путей S_1C и S_2C равна нулю, а потому здѣсь должна находиться свѣтлая полоска, каковъ бы ни былъ періодъ колебаній у S_1 и S_2.

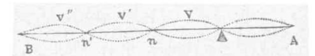
Если, для примѣра, взять десятую свѣтлую полоску, считая отъ срединной, то она отдѣляется отъ послѣдней разстояніемъ $S_1p - S_2p = 20\frac{\lambda}{2}$. Такъ какъ, съ другой стороны, длину Cp можно, при помощи лупы Френеля, выразить въ сантиметрахъ или доляхъ сантиметра, то очевидно, есть возможность измѣрить и λ, т.-е. длину волны того свѣта, который выходитъ изъ точки S.

въ случаѣ свѣта, за стѣной, въ точкѣ, симметричной источнику, по отношенію къ стѣнѣ: *это изображеніе является мнимымъ центромъ отраженныхъ волнъ*. Разсматривая источникъ и его изображеніе, колеблющіеся синхронично, какъ центры, откуда исходятъ два ряда концентрическихъ волнъ, можно, основываясь на законахъ интерференціи, разсчитать, гдѣ получатся узлы и вздутія, причемъ однако-же, результаты вычисленій только тогда будутъ согласны съ результатами непосредственнаго опыта, когда *къ радіусу отраженной волны будемъ прибавлять длину полуволны;* эта прибавленная полуволна показываетъ, что мы имѣемъ дѣло съ отраженными волнами, а не съ волнами, непосредственно выходящими изъ звукового источника.



Фиг. 396.—Опытъ съ двумя сферическими зеркалами. Отраженіе звуковыхъ волнъ.

Изъ тѣхъ же законовъ интерференціи становится понятно, почему закрытая труба обладаетъ способностью издавать извѣстный звукъ лишь въ томъ случаѣ, если длина ея равна нечетному числу четвертей волнъ $\left(\frac{\lambda}{4}\right)$ этого звука между тѣмъ какъ трубами, открытыми на обоихъ концахъ, издаются такіе звуки, четверть волны которыхъ содержится въ длинѣ трубы четное число разъ. Взаимное уничтоженіе въ извѣстныхъ точкахъ волнъ падающихъ и волнъ, отраженныхъ отъ противоположнаго конца трубы, есть причина появляющихся здѣсь узловъ, находящихся одинъ отъ другого на разстояніи полуволны, и вздутій, дѣлящихъ пополамъ промежутокъ между двумя смежными узлами. Безъ такого раздѣленія труба не звучала бы.



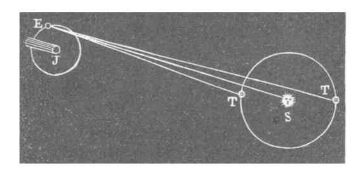
Фиг. 397.—Узлы и вздутія на дрожащей струнѣ, укрѣпленной на обоихъ концахъ.

Подобнымъ уничтоженіемъ колебаній въ соотвѣтствующихъ мѣстахъ объясняются и неподвижныя точки, узлы у дрожащихъ струнъ; наоборотъ, въ мѣстахъ вздутій перемѣщеніе является наибольшимъ (*фиг.* 397).

Обозначая черезъ V скорость свѣта въ той средѣ, гдѣ распространяются его волны и для которой вычислена длина λ *), найдемъ періодъ колебанія у свѣтящейся точки S изъ формулы $\lambda = VT$. Для среднихъ лучей спектра λ, т.-е. длина волны въ пустотѣ, равна 0,0005 милл., а такъ какъ V=3000000 километр., то періодъ $T = \frac{1}{6} \times \frac{1}{1000000000000000}$, а число колебаній въ секунду (высота), т. е. $\frac{1}{T}$ равно 600 билліонамъ. Въ то время, какъ осязаніемъ воспринимается 100, а слухомъ 100000 колебаній въ секунду, глаза воспринимаются еще 800 билліоновъ колебаній въ секунду. Опытъ показываетъ, что колебанія того или иного источника S остаются тождественными въ теченіе весьма многихъ періодовъ.

*) Долгое время считали, что свѣтъ изъ одной точки въ другую распространяется мгновенно. Рёмеръ первый въ 1675, въ Парижской обсерваторіи, произвелъ приблизительное опредѣленіе скорости свѣта. Вотъ употребленный имъ простой способъ. Пусть S (*фиг.* 398) есть солнце, T земля на своей орбитѣ, и J—Юпитеръ. Если въ то время, когда земля находится въ T (при *противостояніи* Юпитера съ солнцемъ), мы будемъ замѣчать моменты выхожденій перваго спутника E Юпитера изъ тѣни, отбрасываемой этой планетой, то убѣдимся, что эти моменты постоянно слѣдуютъ одинъ за другимъ черезъ промежутки въ 41 часъ 30 минутъ. Такимъ образомъ, хронометръ, поставленный такъ, чтобы стрѣлка его за промежуткомъ времени въ 41 ч. 30 м. подвинулась впередъ на одно дѣленіе; будетъ въ точности показывать моменты послѣдовательныхъ выхожденій спутника E изъ тѣни Юпитера. По мѣрѣ того, какъ земля приближается къ T′ (при положеніи земли въ T′ Юпитерѣ, по отношенію къ намъ, находится въ *соединеніи* съ солнцемъ), моменты послѣдовательныхъ выхожденій все болѣе и болѣе опаздываютъ противъ показаній хронометра. Въ T′ эта разница дѣлается равной 986 секундамъ, затѣмъ она все болѣе и болѣе уменьшается, и когда земля приходитъ въ T, хронометръ снова даетъ согласныя съ дѣйствительностью показанія. Эти явленія Рёмеръ объяснилъ тѣмъ, что свѣтъ распространяется не мгновенно, а съ нѣкоторою малою скоростью: свѣтъ приходитъ въ T′ на 986 секундъ позже, чѣмъ въ T, потому, что именно такой промежутокъ времени ему нуженъ для прохожденія разстоянія T T′, т.-е. земной орбиты, равной приблизительно 30 милліонамъ миріаметровъ (около 288 милліоновъ верстъ); отсюда слѣдуетъ, что въ одну секунду свѣтъ пробѣгаетъ около 330000 километровъ (288000 верстъ).

Въ 1726 г. Брадлей при изслѣдованіи причины астрономической аберраціи вычислилъ скорость свѣта приблизительно такою же, какъ Рёмеръ. Такимъ образомъ оказалось, что свѣтъ распространяется въ милліонъ разъ быстрѣе звука,—въ теченіе одной секунды онъ можетъ обойти всю землю восемь разъ.



Фиг. 398.—Опредѣленіе (Рёмеромъ) скорости распространенія свѣта путемъ наблюденія затмѣній или выхожденій изъ тѣни перваго спутника Юпитера.

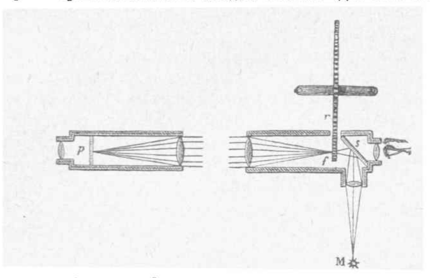
Только въ 1849 г. французскій ученый Физо измѣрилъ скорость свѣта не астрономическимъ, а чисто физическимъ путемъ. Въ Сюрени (*фиг.* 399) ахроматическая чечевица въ сочетаніи съ зеркаломъ *s*, безъ подводки, наклоненнымъ подъ угломъ въ 45°, давала въ *f* изображеніе ярко-освѣщеннаго отверстія M. Съ точкою *f* совпадалъ фокусъ другой чечевицы, которая сообщала выходившимъ отсюда лучамъ направленіе, параллельное ея главной оптической оси, и посылала ихъ къ опредѣленному пункту въ Монмартрѣ (отстоявшему на 8633 метра), откуда они, отразившись отъ зеркала, возвращались обратно въ Сюрень. Часть отраженныхъ лучей, проходя по возвращеніи, черезъ зеркальное стекло *s*, позволяла наблюдателю видѣть свѣтящуюся точку *f*. За зеркаломъ въ Сюрени было расположено вертикальное зубчатое колесо (у котораго ширина промежутковъ была одинакова съ шириною зубцовъ), такимъ образомъ, что изображеніе *f* получалось какъ разъ на зубчатой части поверхности колеса. Если это колесо привести во вращательное движеніе, то мы будемъ видѣть поочередно то свѣтящуюся точку *f*—черезъ пустые промежутки колеса,—то зубцы, закрывающіе эту точку. При достаточно большой скорости вращенія впечатлѣнія отъ зубцовъ и пустыхъ промежутковъ сливаются между собою, такъ что зубчатый край колеса кажется окруженнымъ какъ бы сѣроватымъ поясомъ; съ другой стороны, вслѣдствіе сліянія впечатлѣній, получающихся на сѣтчаткѣ отъ слѣдующихъ другъ за другомъ прохожденій пустыхъ промежутковъ передъ точкою *f*,

Ньютоновы кольца точно также объясняются *разностью хода* лучей, идущихъ вмѣстѣ послѣ отраженія — одни отъ пластинки P, другіе отъ слоя воздуха, смежнаго съ нижней поверхностью чечевицы; разность хода тѣхъ и

эта послѣдняя не перестаетъ быть видима наблюдателю. Но если скорость вращенія колеса сдѣлается настолько велика, что за время прохожденія свѣта изъ M въ Монмартръ и обратно, т.-е. разстоянія въ 17266 метровъ, успѣетъ произойти какъ разъ только одна смѣна промежутка зубцомъ передъ свѣтящейся точкою *f*, то возвращающійся лучъ, очевидно, будетъ перехваченъ зубцомъ, и точка *f* сдѣлается на этотъ моментъ невидимой, произойдетъ *первое исчезновеніе* ея. Опредѣливъ, на основаніи скорости вращенія колеса, показываемой счетчикомъ оборотовъ, величину того промежутка времени, какой требуется для одной смѣны промежутка зубцомъ, мы этимъ самымъ узнаемъ скорость распространенія свѣта, такъ какъ за этотъ промежутокъ свѣтъ успѣваетъ пройти 17266 метровъ. Указаннымъ способомъ Физо нашелъ скорость свѣта равною 315000 *километровъ* въ секунду.

Если колесо будетъ вращаться вдвое быстрѣе, чѣмъ при первомъ исчезновеніи, то свѣтящаяся точка *f* вновь сдѣлается видимой для того, чтобы опять исчезнуть при тройной скорости, и т. д. Сопоставляя цѣлый рядъ величинъ, полученныхъ для скорости свѣта изъ наблюденій надъ подобными исчезновеніями, принадлежащихъ къ различному порядку (т. е. получающихся при двойной, тройной и т. д. скоростяхъ вращенія), имѣемъ возможность выбрать среднюю, болѣе точную, величину.

Въ 1871—4 гг. опыты Физо повторены были Корню, который стремился вычислить съ большою точностью скорость вращенія колеса въ каждый моментъ. Для этой цѣли на линіи, изобра-



Фиг. 399.—Физическій методъ Физо, для опредѣленія скорости распространенія свѣта.

жавшей вращеніе, начало и конецъ каждаго оборота автоматически отмѣчались чертою, такъ что промежутокъ между двумя такими чертами и представлялъ одинъ оборотъ; рядомъ съ этой линіей записывались секунды и десятыя доли секундъ. Такимъ образомъ, при каждомъ исчезновеніи скорость вращенія была точно извѣстна. Въ опытахъ, произведенныхъ между Политехнической школой и Монъ-Валеріаномъ (разстояніе между ними=10310 метровъ) Корню доходилъ до десятаго исчезновенія. При этомъ скорость свѣта была найдена равною 298500 километрамъ. Между пунктами Монлери и Обсерваторіей (разстояніе 22910 метровъ) онъ получалъ двадцать одно исчезновеніе и опредѣлилъ скорость свѣта въ 300400 километровъ.

По совѣту Араго, Фуко въ 1880 г. опредѣлилъ скорость свѣта, пользуясь разстояніемъ всего лишь въ нѣсколько метровъ. Принципъ употребленнаго имъ способа состоитъ въ слѣдующемъ. Свѣтовой лучъ заставляютъ падать сперва на плоское зеркало, потомъ на сферическое, центръ котораго лежитъ на оси вращенія плоскаго зеркала. Если за то время, за которое свѣтъ прошелъ длину двойного радіуса сферическаго зеркала, плоское успѣло повернуться на нѣкоторый уголъ, то оно отразитъ возвратный лучъ по такому направленію, которое съ падающимъ лучемъ образуетъ уголъ, вдвое большій угла поворота. Опредѣливъ этотъ уголъ, радіусъ сферическаго зеркала и скорость вращенія плоскаго зеркала, непосредственно затѣмъ вычисляютъ скорость свѣта. Фуко нашелъ послѣднюю равной 298000 километровъ.

Работая по тому же способу, но значительно увеличивъ разстояніе, проходимое лучемъ до его возвращенія на плоское зеркало, американскій ученый Майкельсонъ получилъ для скорости свѣта: въ 1879 г. 299910 килом. и въ 1882 г. 299853 килом. Съ своей стороны, Ньюкомбъ въ 1882 г. опредѣлилъ эту скорость въ 299860 километровъ.

Заставляя лучъ пройти, на своемъ двойномъ пути, трубку съ водой, Фуко показалъ, что свѣтъ распространяется въ водѣ съ меньшей скоростью, чѣмъ въ воздухѣ, что согласно съ современной теоріей волнообразнаго движенія и противорѣчитъ старой теоріи истеченія свѣтовыхъ частицъ изъ свѣтящихся тѣлъ. По теоріи волнообразнаго движенія, скорость распространенія свѣта въ данной средѣ зависитъ отъ показателя преломленія этой среды; вообще, эта скорость въ той или иной прозрачной средѣ есть частное отъ дѣленія скорости свѣта въ пустотѣ на показатель преломленія среды по отношенію къ пустотѣ.

другихъ лучей равна двойной толщинѣ слоя воздуха, заключеннаго между двумя отражающими точками; вездѣ, гдѣ эта толщина равна $(2n+1)\frac{\lambda}{2}$, получается взаимное уничтоженіе колебаній; наоборотъ тамъ, гдѣ она равна $2n\frac{\lambda}{2}$ полоска имѣетъ свою наибольшую яркость. Однако, для того, чтобы вполнѣ объяснить себѣ подобное явленіе, необходимо къ разности хода прибавить еще полуволну въ томъ случаѣ, если лучъ отражается отъ среды, болѣе плотной, нежели та, которую онъ проходилъ до отраженія,—еще одна сходная черта между свѣтовыми явленіями и явленіями звуковыми: и при объясненіи послѣднихъ, какъ помнитъ читатель, требуется та же прибавка полуволны, для того, чтобы согласовать указываемыя теоріей положенія узловъ и вздутій, являющихся результатомъ встрѣчи подающихъ и отраженныхъ волнъ, съ тѣми положеніями, которыя даетъ непосредственный опытъ. При помощи такихъ колецъ легко опредѣлить длину волны производящихъ ихъ лучей.

Характеръ явленій *диффракціи* точно также можетъ беть опредѣленъ напередъ въ каждомъ данномъ случаѣ, если (какъ дѣлалъ Гюйгенсъ) вмѣсто источника S взять одну изъ его волнъ и, какъ учитъ Френель, разсчитать дѣйствіе, производимое на данную точку экрана (лежащую наружи отъ волны), какъ еслибы каждый элементъ волны представлялъ собою источникъ колебаній съ такимъ же періодомъ, какъ S *).

Симметричность обнаруживаемую *поляризованнымъ* лучемъ по отношенію къ своей плоскости поляризаціи и къ плоскости, ей перпендикулярной, объясняютъ такъ, что колебанія эфира представляютъ себѣ *прямолинейными и поперечными*, т.-е. совершающимися перпендикулярно къ тому направленію, по которому они распространяются; предполагаютъ, что для обыкновеннаго луча они совершаются перпендикулярно къ главному сѣченію поляризатора, а для необыкновеннаго—параллельно этому сѣченію. Такимъ образомъ, *поляризаторъ пропускаетъ только колебанія, перпендикулярныя или параллельныя плоскости его главнаго сѣченія*. Но такъ какъ анализаторъ ничѣмъ, въ сущности, не отличается отъ поляризатора, то, если его главное сѣченіе будетъ параллельно такому же сѣченію поляризатора, онъ не будетъ пропускать колебаній его обыкновеннаго луча, необыкновенный же лучъ будетъ проходить свободно; обратное наблюдается въ томъ случаѣ, когда главныя сѣченія поляризатора и анализатора взаимно-перпендикулярны. Въ промежуточныхъ положеніяхъ преобладаетъ или обыкновенный лучъ,—когда уголъ между главными сѣченіями обоихъ ромбоедровъ больше 45°,—или лучъ необыкновенный—въ противномъ случаѣ; при углѣ въ 45°, оба луча имѣютъ одинаковую яркость, т.-е. проходятъ въ одинаковой мѣрѣ.

Цвѣтная поляризація параллельныхъ лучей объясняется слѣдующимъ образомъ. Прямолинейное колебаніе, наприм., обыкновеннаго луча, выходящаго изъ поляризатора, разлагается кристаллической пластинкой на два колебанія,

*) Весьма важнымъ въ практическомъ отношеніи является тотъ случай диффракціи, когда пучекъ паралельныхъ (прошедшихъ черезъ коллиматоръ) лучей бросаютъ на стеклянную пластинку, на которой вырѣзаны алмазомъ множество тонкихъ и тѣсно расположенныхъ непрозрачныхъ чертъ (такая пластинка называется *сѣткою*). Если на пластинку падаютъ солнечные лучи, то они развѣеваются, и въ обѣ стороны отъ направленія подающаго пучка на пластинкѣ симметрично располагается спектры, все болѣе и болѣе накладывающіеся другъ на друга по мѣрѣ того, какъ они удаляются отъ упомянутаго направленія. Здѣсь фіолетовый цвѣтъ отклоняется наименѣе, между тѣмъ какъ въ спектрахъ, получаемыхъ помощью призмы, этотъ цвѣтъ есть наиболѣе отклоняемый; кромѣ того, въ то время какъ спектры, наблюдаемые черезъ призмы изъ различныхъ веществъ, не могутъ быть сравниваемы между собой, спектры, получающіеся на сѣткахъ вполнѣ независимы отъ вещества, изъ котораго сдѣлана пластинка: величина этихъ спектровъ и распредѣленіе въ нихъ различныхъ цвѣтныхъ лучей зависитъ единственно отъ промежутка, занятаго чертою и слѣдующей за ней прозрачной частью; поэтому подобные спектры называются *нормальными*. При помощи такихъ-то спектровъ опредѣляютъ длину волны всякаго видимаго или невидимаго луча. Подобно сѣткамъ могутъ служить и металлическія зеркала, на которыхъ вырѣзанъ рядъ непрозрачныхъ чертъ. Крылья у нѣкоторыхъ насѣкомыхъ имѣютъ на себѣ полоски, и потому играютъ роль оптическихъ сѣтокъ, благодаря которымъ насѣкомое кажется намъ окрашеннымъ въ великолѣпные радужные цвѣта. Есть и такія насѣкомыя, окраска которыхъ, подобно окраскѣ мыльныхъ пузырей, зависитъ отъ явленій интерференціи.

направленныя по главнымъ сѣченіямъ пластинки. Эти колебанія проходятъ пластинку съ одинаковой скоростью и, вновь соединяясь по выходѣ изъ нея, представляютъ уже нѣкоторую *разность фазы*, зависящую отъ длины волны у разсматриваемаго луча, отъ толщины и природы пластинки. Для различныхъ лучей спектра колебаніе, являющееся по выходѣ изъ пластинки, имѣетъ различную форму. Въ однихъ случаяхъ это эллипсисы той или иной величины и положенія, въ другихъ окружности, въ третьихъ прямыя линіи. Поэтому иной разъ говорятъ, что пластинка *поляризуетъ* свѣтъ *эллиптически*. Эти различныя колебанія падаютъ на анализаторъ, который выбираетъ изъ нихъ слагающія, параллельныя или перпендикулярныя къ его главному сѣченію; вслѣдствіе этого различные лучи ослабляются анализаторомъ въ различной степени, и смѣсь лучей, прошедшихъ черезъ него въ наибольшемъ количествѣ, опредѣляетъ окраску выходящаго пучка. Пропустивъ этотъ пучекъ черезъ призму, получимъ скептръ, перерѣзанный въ нѣкоторыхъ мѣстахъ черными полосками, соотвѣтствующими уничтоженнымъ лучамъ; цвѣта же, составляющіе смѣсь, распредѣляются въ скептрѣ въ порядкѣ ихъ преломляемости.

Ясно, что если, повернувъ анализаторъ, мы сообщимъ ему иное положеніе, то въ спектрѣ будутъ отсутствовать уже иные лучи — черныя линіи въ немъ перемѣстятся.

Путемъ сходныхъ разсужденій можно объяснить и явленіе колецъ при сходящихся лучахъ.

Мы коснулись всѣхъ этихъ любопытныхъ въ теоретическомъ отношеніи вопросовъ лишь настолько, насколько это необходимо для уясненія ихъ смысла, не входя въ дальнѣйшія, черезчуръ отвлеченныя, подробности.

Благодаря трудамъ Френеля, явилась возможность всѣ оптическія явленія объяснить путемъ простыхъ механическихъ соображеній, о которыхъ мы здѣсь не можемъ распространяться *).

Уразумѣть теорію свѣтовыхъ явленій больше всего помогаетъ изученіе звука, причина котораго доступна непосредственному опыту. Звукъ отражается, преломляется, обнаруживаетъ явленія интерференціи. Всѣ эти явленія получили вполнѣ удовлетворительное объясненіе послѣ того, какъ стали извѣстны происхожденіе и способъ распространенія звука. Допустивъ, что возникновеніе и распространеніе свѣта также происходятъ механическимъ путемъ, мы можемъ объяснить всѣ наблюдаемыя нами оптическія явленія, если только примемъ въ соображеніе особенности каждой группы явленій. Лучи тепловые и химическіе, въ сущности не отличающіеся отъ свѣтовыхъ, обладаютъ тѣми же свойствами, какъ и послѣдніе: они точно такимъ же образомъ отражаются, преломляются, поляризуются и интерферируютъ между собою.

---

*) Средины, подобныя воздуху, водѣ, стеклу и пр., суть средины *изотропическія*, т.-е. обнаруживающія одинаковыя свойства во всѣхъ направленіяхъ. Поэтому неудивительно, что въ такой средѣ колебанія распространяются отъ источника съ одною и тою же скоростью во всѣ стороны и въ одинъ и тотъ же моментъ достигаютъ нѣкоторой сферической поверхности, центромъ для которой служитъ источникъ колебаній. Коротко говоря, *въ изотропической средѣ волны представляются сферическими*. Если источникъ состоитъ изъ нѣсколькихъ вобрирующихъ точекъ, то въ этомъ случаѣ Гюйгенсъ считаетъ волною поверхность, касательную ко всѣмъ сферическимъ волнамъ, соотвѣтствующимъ, въ данный моментъ, различнымъ колеблющимся точкамъ (стр. 49): это *обнимающая волна*.— Разсматривая одинаковыя по величинѣ пластинки, вырѣзанныя изъ одноосная кристалла, напр., изъ кристалла исландскаго шпата, мы замѣтимъ, что онѣ при равныхъ условіяхъ относятся къ колебаніямъ различно, смотря по углу ихъ наклоненія къ оси кристалла; здѣсь колебаніе уже не распространяется по всѣмъ направленіямъ съ одинаковою скоростью, и поверхность волны,—поверхность, которой въ одинъ и тотъ же моментъ достигаютъ всѣ колебанія,—уже не есть шаровая. Путемъ опыта Гюйгенсъ доказалъ, что она образуется, въ этомъ случаѣ, двумя поверхностями—шара и эллипсоида вращенія около кристаллографической оси, касательными между собою въ тѣхъ точкахъ, гдѣ ихъ встрѣчаетъ ось; изъ этихъ двухъ поверхностей сферическая есть волна обыкновенная, т.-е. соотвѣтствующая обыкновенному лучу, а поверхность эллипсоида соотвѣтствуетъ необыкновенному лучу. Въ случаяхъ же неодноосныхъ кристалловъ поверхность волны еще сложнѣе. Френель, путемъ остроумныхъ механическихъ разсужденій, опредѣлилъ всѣ эти сходныя формы и объяснилъ всѣ особенности, представляемыя двойнымъ преломленіемъ въ подобныхъ кристаллахъ.

Итакъ, звукъ, свѣтъ, теплота передаются изъ одного мѣста въ другое путемъ волнообразнаго движенія, а не,—какъ принимала долго державшаяся теорія Ньютона,—на подобіе метательныхъ снарядовъ, передающихъ ударяемому тѣлу энергію взрывчатаго вещества. Въ новѣйшее время профессору Гертцу удалось, путемъ надлежащаго расположенія опыта, заставить и *электрическую энергію* распространяться въ пространствѣ волнообразно и, благодаря этому, получить *отраженіе, преломленіе, интерференцію* и пр. этихъ *электрическихъ волнъ*.

Возьмемъ, какъ дѣлалъ Гертцъ, два металлическихъ шара, діаметромъ въ 30 сант., и соединимъ ихъ прямымъ металлическимъ прутомъ въ метръ длины. Предположимъ, что одинъ изъ этихъ шаровъ заряженъ положительнымъ, а другой отрицательнымъ электричествомъ и что причина, раздѣлявшая оба электричества, вдругъ перестала дѣйствовать. Тогда оба электричества, стремясь соединиться, потекутъ другъ другу навстрѣчу, но явившіеся при этомъ соединеніи токи перейдутъ въ обѣ стороны за точку встрѣчи и зарядятъ каждый шаръ электричествомъ, противоположнымъ первоначальному; эти новые заряды, въ свою очередь, стремятся соединиться: вновь произойдетъ разрядъ съ послѣдовательнымъ обратнымъ разряженіемъ, и т. д. Такимъ образомъ, между двумя шарами получится рядъ *электрическихъ колебаній;* говоря языкомъ Фарадея и Максуэлля *), нужно было бы сказать, что электрическое состояніе эфира, окружающаго наши шары, испытываетъ рядъ чередующихся (альтернативныхъ) измѣненій. Такъ или иначе—вѣрно то, что въ описанной электрической системѣ является маятникообразное движеніе, что эта система получаетъ характеръ *электрическаго камертона* **).

Но для того, чтобы такой камертонъ колебался постоянно, нужно, чтобы возбуждающее дѣйствіе появлялось и прекращалось достаточно быстро черезъ весьма короткіе промежутки; этого достигаютъ тѣмъ, что соединительный прутъ посрединѣ прерываютъ (*фиг.* 400), на внутренніе концы обѣихъ половинъ надѣваютъ по металлическому шарику 4 сантим. въ діаметрѣ, и эти шарики соединяютъ съ полюсами индукціонной катушки В. При каждомъ разрядѣ катушки происходитъ рядъ колебаній электрическаго камертона Е, который мы назовемъ *первичнымъ проводникомъ*. Получаемыя такимъ путемъ колебательныя разряженія, изслѣдованіемъ которыхъ занимались также сэръ В. Томсонъ, Лоджъ и др., могутъ, при надлежащемъ расположеніи опыта, имѣть чрезвычайно краткій періодъ. Такъ, описанный нами электрическій камертонъ даетъ свыше 50 милліоновъ колебаній въ секунду; Гертцъ получалъ до 500 милліоновъ такихъ колебаній.

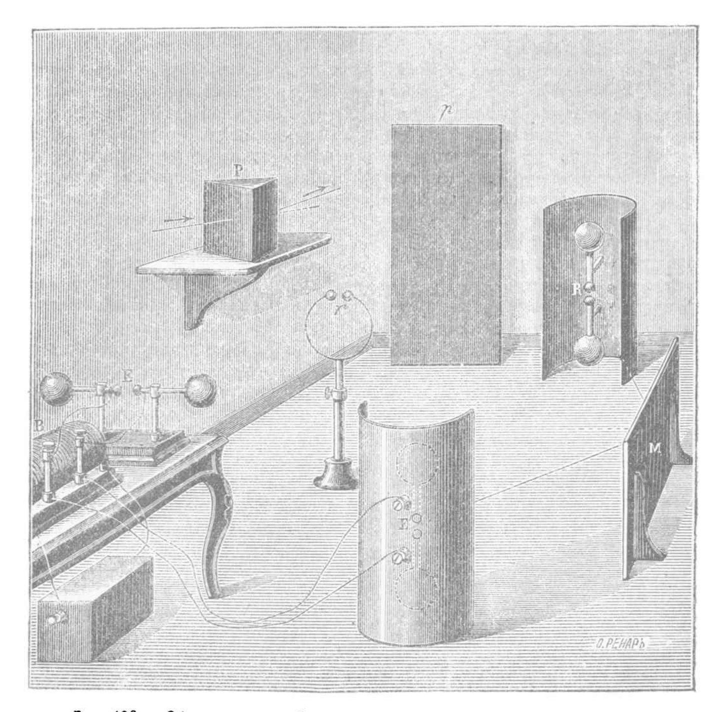
Чтобы обнаружить въ окружающемъ пространствѣ поддерживаемыя этимъ способомъ колебанія, Гертцъ воспользовался индукціей, производимой ими въ близко расположенномъ проводникѣ *r*; этотъ *вторичный проводникъ* есть кольцевидно согнутая мѣдная проволока, 0,75 милл. въ діаметрѣ, представляющая въ одномъ мѣстѣ перерывъ, который, помощью микрометрическаго винта, можно сдѣлать весьма малымъ. На такомъ проводникѣ, въ мѣстѣ перерыва, происходитъ рядъ разрядныхъ искръ, сопровождающихъ искры на первичномъ проводникѣ. Въ зависимости отъ положенія вторичнаго проводника длина вторичныхъ искръ измѣняется отъ нуля до 7 сантиметровъ.

„Первоначально,—говоритъ Гертцъ,—я былъ весьма удивленъ, получивъ во вторичномъ проводникѣ еще очень замѣтныя искры при удаленіи его отъ первичнаго, отъ электрическаго камертона, на 1—2 метра. Это удивленіе возрасло еще болѣе, когда мнѣ удалось затѣмъ получить искры на разстояніи 15 метровъ: при такомъ разстояніи искры уже могутъ быть замѣчены лишь въ темнотѣ".

*) Клеркъ Максуэлль, знаменитый англійскій физикъ, род. въ 1831 г., ум. въ Кэмбриджѣ 5-го ноября 1879 г.; былъ членомъ лондонскаго Королевскаго Общества; авторъ сочиненій: *Магнитизмъ и электричество, Силовыя линіи Фарадея, Динамическая теорія электромагнитнаго поля* и др.

**) Г. Гертцъ (*Научное Обозрѣніе,* 11 мая 1889 г.), *Изслѣдованія надъ электрическими волненіями.*

Если между электрическимъ камертономъ и вторичнымъ проводникомъ, или, какъ говорятъ, *электрическимъ резонаторомъ*, помѣстить непроводящую преграду, то на резонаторѣ получатся искры, какъ и въ отсутствіи преграды; но если послѣдняя сдѣлана изъ проводящаго вещества, если это будетъ, наприм., большой цинковый листъ, то этимъ дѣйствіе камертона парализуется, а вслѣдствіе этого и резонаторъ, естественно, не обнаруживаетъ никакого дѣйствія: проводящій экранъ отбрасываетъ отъ себя *электрическую тѣнь*. Такъ какъ, напротивъ того, проводники, помѣщенные сбоку резонатора, не уничтожаютъ его дѣйствія, то изъ этого слѣдуетъ, что *электричество*, испускаемое электрическимъ камертономъ, *распространяется прямолинейно*.



Фиг. 400.— Общее расположеніе опытовъ Гертца надъ электрическими волнами.

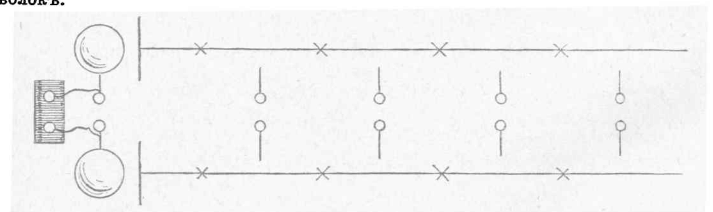
Согласно опытамъ Гертца, если электрическій камертонъ, соединенный съ полюсами большой индукціонной катушки, состоитъ изъ двухъ одинаковыхъ латунныхъ трубокъ длиною въ 13 сант. и шириною въ 3 сант., а резонаторъ есть прямая проволока въ 1 метръ длиною, прерванная въ срединѣ маленькимъ разрядникомъ, то, при обыкновенныхъ условіяхъ, резонаторъ дѣйствуетъ лишь до тѣхъ поръ, пока разстояніе между нимъ и камертономъ не превышаетъ 2 метровъ. Но если камертонъ E′ (*фиг.* 400) расположить по фокусной линіи цинковаго параболическаго цилиндра 2 метровъ высоты и съ отверстіемъ въ 1 метръ, то дѣйствіе резонатора обнаруживается еще при разстояніи въ 10 метровъ, изъ чего видно, что параболическій цилиндръ является здѣсь настоящимъ

электрическимъ прожекторомъ (рефлекторомъ). Наконецъ, при расположеніи и резонатора В по фокусной оси такого же параболическаго цилиндра, помѣщеннаго противъ перваго, дѣйствіе обнаруживается еще на разстояніи 20 метровъ.

Явленія точно такого же порядка наблюдаются въ томъ случаѣ, если на мѣстѣ электрическаго камертона будетъ находиться какой-нибудь звуковой источникъ. Если плоскости симметріи обоихъ цилиндровъ образуютъ между собою нѣкоторый уголъ, то для приведенія резонатора въ дѣйствіе достаточно помѣстить на линіи пересѣченія этихъ плоскостей металлическую доску, наклонивъ ее одинаково къ обѣимъ плоскостямъ. Такимъ образомъ, мы вправѣ сказать,—пользуясь языкомъ акустики и оптики,—что электрическій камертонъ служитъ центромъ *электрическихъ волнъ*, распространяющихся въ пространствѣ и *отражающихся* такъ, что лучъ падающій и лучъ отраженный образуютъ съ перпендикуляромъ равные углы.

Преломленіе электрическихъ лучей Гертцъ обнаружилъ слѣдующимъ путемъ. Онъ устроилъ большую асфальтовую призму съ преломляющими углами въ 30° и гранями въ 1,5 метра вышины и 1,2 метра ширины. Электрическій пучекъ, отраженный отъ поддерживавшаго камертонъ цилиндрическаго зеркала, былъ направленъ на одну изъ граней призмы между металлическими экранами, для того, чтобы воспрепятствовать лучамъ пройти мимо призмы. Вторичное цилиндрическое зеркало, помѣщенное на продолженіи падающаго луча, за призмой, первоначально не давало искръ, но затѣмъ, при постепенномъ опусканіи его къ основанію призмы, наступилъ моментъ, когда появились искры; уголъ отклоненія былъ тогда равенъ приблизительно 22 градусамъ.

Заставляя электрическія волны, выходившія изъ Е, отражаться отъ плоскаго цинковаго зеркала *p*, Гертцъ замѣтилъ, что въ извѣстныхъ равноотстоящихъ другъ отъ друга точкахъ резоляторъ не проявляетъ никакого дѣйствія, а на срединѣ разстоянія между каждыми двумя такими точками получаются максимальныя искры. Здѣсь мы видимъ истинную *интерференцію электричества*, съ ея узлами и пучностями (вздутіями). На фигурѣ 401 узлы обозначены крестиками, а положенія вздутій—парами шариковъ резонатора, расположенными вдоль двухъ параллельныхъ между собою проводящихъ проволокъ, длиною въ 10—20 метровъ, оканчивающихся каждая металлической пластинкой, обращенной къ одному изъ шаровъ электрическаго камертона. Интерференція производится здѣсь волнами, падающими и отражающимися отъ концовъ натянутыхъ проволокъ.



Фиг. 401.—Интерференція волнъ прямыхъ и отраженныхъ съ оконечностей двухъ проволокъ.

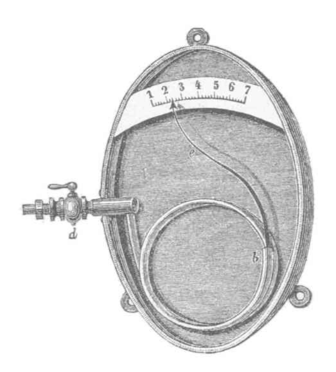
Гертцу удалось получить и явленіе, сходное съ поляризаціей свѣта. Именно, если оба цилиндрическія зеркала будутъ расположены подъ прямымъ угломъ другъ къ другу, то во вторичномъ проводникѣ искръ не получится; если же на пути лучей помѣстить раму, на которой натянуты проволоки параллельно однѣ другимъ и подъ угломъ въ 45° къ плоскости симметріи обоихъ зеркалъ, то между шариками вторичнаго разрядника искры будутъ пробѣгать. Это явленіе напоминаетъ цвѣтную поляризацію свѣта.

Изъ этихъ вкратцѣ изложенныхъ фактовъ съ полною очевидностью обна-

руживается полнѣйшее сходство между *волнами электрическими* и *волнами свѣтовыми*,—сходство, приведшее Гертца къ тому заключенію, что *свѣтовыя явленія* суть не болѣе какъ частный случай *явленій электрическихъ*, что они представляютъ собою результатъ колебаній съ весьма малымъ періодомъ,—весьма малымъ даже по сравненію съ періодомъ тѣхъ колебаній, которыя получаются въ опытахъ съ электрическимъ камертономъ. „Такимъ образомъ,—говоритъ профессоръ Гертцъ,—*) оптика есть лишь одна глава въ ученіи объ электричествѣ. Но къ категоріи электрическихъ явленій прибавляются отнынѣ не одни оптическія, но и множество иныхъ явленій. Въ цѣлой тысячѣ случаевъ мы признаемъ присутствіе электричества тамъ, гдѣ въ былое время и не подозрѣвали его. Не только всякое пламя, всякій свѣтящійся атомъ, но и тѣло не свѣтящее, а лишь получающее теплоту, становится отнынѣ фокусомъ электрическихъ дѣйствій. Электричество, слѣдовательно, пріобрѣтаетъ господство надъ всей природой“.



*) *Аналогія между свѣтомъ и электричествомъ*. Докладъ пр. Гертца на Гейдельбергскомъ съѣздѣ въ 1889 г.



Фиг. 402.— Металлическій манометръ.

Глава II.

Физическія величины.

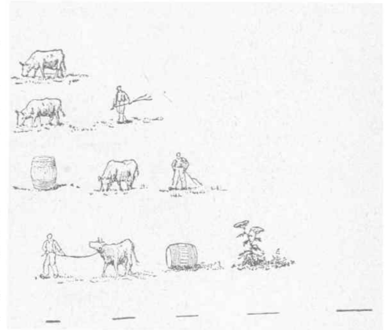
Для того, чтобы понять духъ современной системы физическихъ измѣреній, чтобы оцѣнить глубокую гармонію этой системы, необходимо, хотя бы въ краткомъ обзорѣ, прослѣдить шагъ за шагомъ постепенное развитіе мѣръ и происхожденіе тѣхъ понятій, которыя повлекли за собой, какъ необходимое послѣдствіе, созданіе мѣръ. Результаты, которые мы получимъ на этомъ пути, будутъ исходить изъ всѣхъ пунктовъ научнаго горизонта: именно на почвѣ мѣры всего больше дѣлается понятной взаимная зависимость различныхъ наукъ и степень сложности, свойственная каждой изъ нихъ. Изъ дальнѣйшаго изложенія читатель легко пойметъ, почему ученый, спеціально занимающійся электричествомъ, вынужденъ дѣлать многочисленныя заимствованія у всѣхъ наукъ. *Электрическія мѣры* представляютъ истинный синтезъ всѣхъ современныхъ научныхъ свѣдѣній.

Понятіе *числа*, очевидно, вытекаетъ изъ разсмотрѣнія нѣкоторой группы *естественныхъ единицъ*, каковыми являются: человѣкъ, дерево и пр. Число есть въ одно и то же время слово и символъ, служащіе для обозначенія той или иной группы естественныхъ единицъ. Наипростѣйшая изъ этихъ группъ, основа всѣхъ остальныхъ, содержитъ одну только единицу; слѣдующая за ней получается чрезъ прибавленіе къ первой еще одной естественной единицы—того же или другого рода *(фиг. 403)*. Таковъ общій законъ образованія послѣдовательныхъ группъ. Мѣсто каждой группы въ естественномъ ряду обозначается словами: одинъ, два, три, четыре,..... и символами 1, 2, 3, 4,..... Это суть *отвлеченныя числа* (простыя), изученіемъ ктоорыхъ занимается самая элементарная изъ математическихъ наукъ—ариѳметика. Если группа состоитъ изъ предметовъ однородныхъ, изъ деревьевъ, наприм., то къ слову, показываемому мѣсто группы въ ряду, прибавляютъ еще названіе рода разсматриваемыхъ единицъ; такъ получается *конкретное* (именованное) *число*. Одно дерево, два дерева, три дерева....—вотъ примѣры конкретныхъ чиселъ. Такое число даетъ мѣру величины соотвѣтствующей группы, отнесенную ко вполнѣ (какъ предполагается) извѣстной величинѣ естественной единицы разсматриваемаго рода.

Но кромѣ подобныхъ величинъ намъ постоянно приходится имѣть дѣло и

съ такими, для которыхъ не существуетъ естественныхъ единицъ. Таковы именно величины, относящіяся къ *формѣ* предметовъ: длина (L), *уголъ* (A), *поверхность* (S) *и объемъ* (V), изученіемъ которыхъ занимается геометрія (*фиг.* 404) Измѣреніе подобныхъ величинъ представляетъ особыя трудности: тутъ не только приходится выбирать соотвѣтствующую единицу мѣры для сравненія, но и *производить на дѣлѣ точное сравненіе*. Если, наприм., требуется измѣрить длину *oc* (*фиг.* 405) единицею длины *ab*, то опредѣляютъ сколько разъ эта послѣдняя откладывается на линіи *oc*; если *oc* сполна покрывается какъ разъ 5 единицами *ab*, то мы говоримъ, что длина *oc* равна единицѣ *ab*, повторенной 5 разъ, или иначе:

$$oc=5ab.$$



Фиг. 403.— Естественныя единицы. Образованіе послѣдовательныхъ группъ.

Число 5 показываетъ, сколько разъ единица *ab* содержится въ *oc*.

Если для измѣренія той же длины *oc* возьмемъ иную единицу, наприм., $a'b'$, содержащуюся 10 разъ въ *ab*, то-есть если $ab=10a'b'$, то

$$oc=5ab=50a'b'.$$

Изъ этого очевидно, что для измѣренія той или иной величины число имѣетъ значеніе лишь вмѣстѣ съ рядомъ стоящей единицей.

Производство точнаго измѣреія обыкновенно, если не всегда, представляется, однако, дѣломъ гораздо болѣе сложнымъ, чѣмъ мы предполагали вначалѣ. По отложеніи извѣстнаго числа разъ единицы *ab* на *oc*, остается еще часть *cd*, меньшая единицы *ab*. Для измѣренія этой части единицу дѣлятъ на все болѣе и болѣе мелкія части и стараются опредѣлять, сколько частей извѣстнаго порядка содержится въ *cd*; если *ab* раздѣлена, наприм., на тысячу равныхъ частей, и *cd* содержитъ три такихъ части, то говорятъ, что *cd* составляетъ три тысячныхъ единицы—$\frac{3}{1000}$, или 0,003. Въ этомъ состоитъ принципъ *дробей*. Въ концѣ концовъ, мы получаемъ:

$$oc=5ab+0{,}003\ ab=5{,}003\ ab.$$



Фиг. 404.— Длина. Уголъ. Поверхность. Объемъ.

Фиг. 405.— Измѣреніе длины.

При производствѣ измѣренія на дѣлѣ часто невозможно бываетъ получить точный результатъ, наприм., видно только, что *cd* нѣсколько болѣе 3 и нѣсколько менѣе 4 извѣстныхъ частей. Въ такомъ случаѣ можно съ одинаковымъ правомъ писать:

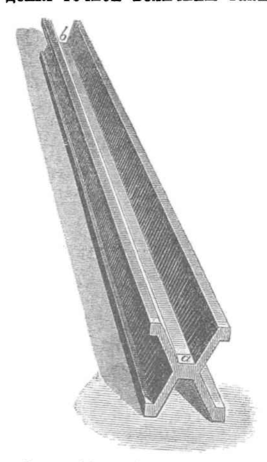
$$oc=5{,}003\ ab \text{ и}$$

$$oc=5{,}004\ ab,$$

помня, что 5,003 есть приблизительная *меньшая*, а 5,004—приблизительная *большая* величина.

Единица длины долгое время была совершенно произвольной. Не только каждая страна—всякая мѣстность имѣла свою единицу длины, благодаря чему торгово-промышленныя сношенія терпѣли немалый ущербъ. Такъ шло дѣло до тѣхъ поръ, пока Національное Собраніе, въ цѣляхъ созданія *однообразной* системы мѣръ, не сдѣлало обязательнымъ употребленіе вполнѣ опредѣленной

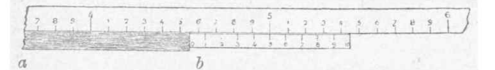
единицы длины, названной метромъ *). Для того, чтобы эта длина была связана съ земнымъ шаромъ, а можетъ быть и для того, чтобы не оказать предпочтенія ни одной изъ существовавшихъ единицъ, было рѣшено *законной единицей* считать, сорокамилліонную часть длины земного меридіана. Для нахожденія точной величины такимъ образомъ опредѣленнаго метра былъ предпринятъ рядъ ученыхъ трудовъ, стяжавшихъ всемірную славу. Но изслѣдованія, касающіяся столь труднаго предмета, очевидно, не могли дать строго-точнаго результата, не смотря на замѣчательную ловкость и глубокую ученость знаменитыхъ экспериментаторовъ. Допущенная при этомъ погрѣшность не имѣетъ, однако-же, особенной важности, такъ какъ, въ сущности, вовсе не необходимо, чтобы метромъ служила точно извѣстная часть меридіана, а достаточно, чтобы было обезпечено сохраненіе образца метра. Первый *образецъ* (эталонъ) былъ изготовленъ въ 1799 г. и сданъ въ Національный архивъ 4-го мессидора VII года. Послѣ этого было сдѣлано множество точныхъ копій съ этого образца. Копіи эти приготовлены изъ иридистой платины и имѣютъ сѣченіе въ видѣ буквы X,—форму, которая по изслѣдованіямъ Трески, наиболѣе гарантируетъ предметъ отъ сгибанія. Различіе между архивнымъ метромъ и его копіями то, что первый представляетъ метръ всей своей длиной, а на вторыхъ величина метра заключается между двумя чрезвычайно тонкими черточками, вырѣзанными на средней площадкѣ на нѣкоторомъ разстояніи отъ концовъ эталона. Употребленіе такихъ метровъ удобнѣе, чѣмъ метровъ перваго рода, такъ какъ черту легче визировать помощью зрительной трубки, чѣмъ конецъ эталона.



Фиг. 406.— Образцовый метръ, хранящійся въ Международномъ бюро вѣса и мѣры.

*) Приборы, служащіе для точныхъ измѣреній длины, основаны на свойствахъ *верньера*, *микрометрическаго винта* и *рычага*.

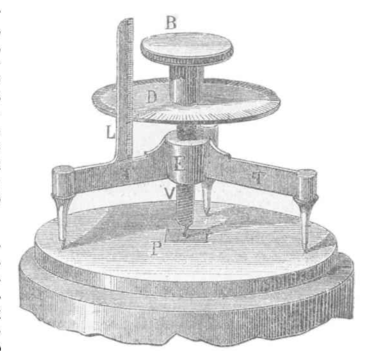
Положимъ, что мы желаемъ опредѣлить десятую часть миллиметра. Для этого мы поступаемъ по правилу французскаго геометра Пьера Верньера. Раздѣляемъ мѣдную линеечку длиною въ *девять* миллиметровъ на *десять* равныхъ частей; каждое дѣленіе, очевидно, будетъ равно девяти десятымъ миллиметра; такую линеечку придѣлываютъ къ одному изъ краевъ большой линейки (скалы), раздѣленной на сантиметры и миллиметры, такъ чтобы она могла скользить съ легкимъ треніемъ вдоль этого края. Теперь, имѣя уже такую линейку *верньеръ (фиг. 407)*, поступаютъ слѣдующимъ образомъ. Линейка прикладывается къ измѣряемому предмету такимъ образомъ, чтобы съ однимъ концомъ послѣдняго совпадалъ нуль скалы; тогда другой конецъ предмета станетъ наприм., въ *b*, между пятымъ и шестымъ миллиметромъ пятаго сантиметра скалы. Изъ этого уже видно, что длина предмета четыре сантиметра пять миллиметровъ, да еще нѣкоторая величина, меньшая миллиметра. Спрашивается, сколько десятыхъ частей миллиметра содержитъ эта малая величина? Для того, чтобы это узнать, нуль верньера прикладывается къ концу *b* предмета и смотрятъ, какое дѣленія верньера совпадаетъ при этомъ съ какимъ-нибудь миллиметровымъ дѣленіемъ скалы. Пусть это будетъ, наприм., пятое; въ такомъ случаѣ легко разсчитать, что остающаяся часть *b* равна $\frac{5}{10}$ миллиметра. Въ самомъ дѣлѣ, идя отъ совпадающихъ между собою указанныхъ дѣленій скалы и верньера, мы видимъ, что съ каждымъ новымъ дѣленіемъ, дѣленія верньера отстаютъ отъ соотвѣтственныхъ дѣленій скалы на $\frac{1}{10}$ миллиметра, такъ что пять дѣленій верньера даютъ уже разницу въ $\frac{5}{10}$ миллиметра, — другими словами, остатокъ *b*, лежащій за 5-мъ



Фиг. 407.— Верньеръ.

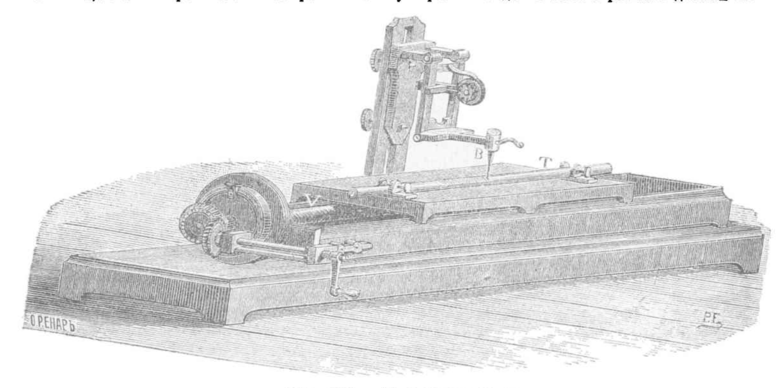
При физическихъ изслѣдованіяхъ рѣдко приходится имѣть дѣло съ метромъ; обыкновенно требуется точное изслѣдованіе малыхъ величинъ, для чего

миллиметромъ скалы, равенъ именно $\frac{5}{10}$ миллиметр. Итакъ, допуская погрѣшность, меньшую $\frac{1}{10}$ миллиметра, находимъ величину предмета равною 4 сант. 5 миллим. и $\frac{5}{10}$ миллиметра, иначе — 0,0455 метра. Иногда устраиваютъ верньеры, при помощи которыхъ находятся еще меньшія доли миллиметра—двадцатыя, тридцатыя,.... части его, но никогда полученные результаты не достигаютъ той точности, съ какой производится опредѣленіе малыхъ величинъ тѣми измѣряющими приборами, которые основаны на свойствахъ винта, имѣющаго весьма малый ходъ и потому называемаго *микрометрическимъ*. На бронзовомъ или стальномъ цилиндрикѣ дѣлается правильная винтовая нарѣзка съ высотою хода обыкновенно въ одинъ миллиметръ. На одномъ изъ концовъ винта сидитъ дискъ, по окружности котораго нанесены, примѣрно, 500 равныхъ дѣленій. Понятно, что при поворотѣ диска на одно дѣленіе, винтъ пройдетъ въ гайкѣ разстояніе равное $\frac{1}{500}$ высоты его хода, т.-е. $\frac{1}{500}$ миллиметра, такъ какъ на цѣлую высоту хода (на миллиметръ) винтъ подви гается въ теченіе полнаго оборота. Въ *сферометрѣ*—приборѣ названномъ такъ потому, что онъ позволяетъ найти радіусъ такого шара, внутрь котораго проникнуть нельзя, (*фиг.* 408) гайка E поддерживается подставкой T о трехъ ножкахъ, V есть микрометрическій винтъ, D—скала съ дѣленіями и B—головка, за которую вращаютъ винтъ. Для того, чтобы съ помощью этого прибора измѣрить, напр., толщину тоненькой стеклянной пластинки, послѣднюю кладутъ подъ остріе винта на полированную поверхность площадки P и приводятъ винтъ въ точное соприкосновеніе съ пластинкой; затѣмъ пластинку удаляютъ и опредѣляютъ, на сколько дѣленій нужно опустить винтъ для приведенія его въ соприкосновеніе съ площадкой P. Пусть для этого требуется повернуть дискъ на 5 дѣленій; это значитъ, что толщина пластинки есть именно $\frac{5}{500} = \frac{1}{100}$ миллиметра.



Фиг. 408.— Сферометръ.

Расположивъ винтъ горизонтально, и притомъ устроивъ такъ, чтобы поступательное движеніе сообщалось не винту, а гайкѣ (примѣръ подобнаго расположенія мы видѣли въ усовершенствованномъ фонографѣ), которая увлекаетъ съ собой площадку, скользящую вдоль линейки, легко измѣрить длину послѣдней. Для этого достаточно опредѣлить, сколько оборотовъ долженъ сдѣлать винтъ, чтобы пройти линейку подъ сѣткой приложеннаго къ прибору микроскопа. Если для этого потребовалось винту сдѣлать $28\frac{1}{4}$ оборота, то длина линейки, очевидно, равна $28\frac{1}{4}$ миллим.=0,02825 метр. Часто такое расположеніе употребляютъ для нанесенія равныхъ дѣленій на



Фиг. 409.— Дѣлительная машина.

употребляются части метра: десятая—дециметръ, сотая—сантиметръ, тысячная—миллиметръ, десятая миллиметра, сотая миллиметра и тысячная миллимметра (микронъ) *).

Угловой единицей служитъ *угловой градусъ*, т.-е. такой уголъ, который, при совпаденіи его вершины съ центромъ какого-либо круга, заключаетъ между своими сторонами одну 360-ю часть окружности даннаго круга. Градусъ дѣлится на 60 частей, называемыхъ *минутами*, а минута—на 60 частей, называемыхъ *секундами*. Градусы обозначаются знакомъ °, минуты—знакомъ ′, а секунды—″. Величина, равная 10 градусамъ 3 минутамъ 5 секундамъ, обозначается, слѣдовательно такъ: 10° 3′ 5″.

Въ геометріи употребляется еще другая угловая единица, такъ называемый *радіанъ*; это уголъ, *длина дуги котораго равна радіусу круга, описаннаго изъ вершины этого угла* **). Въ этой системѣ величину какого-либо угла показываетъ отношеніе выпрямленной дуги, соотвѣтствующей данному углу, къ радіусу.

Если изъ точекъ *a* и *b* (*фиг.* 411), точекъ пресѣченія окружности сторонами угла, опустить перпендикуляры aA и bB на сторону ob и, измѣривъ линіи aA, bB и ob, взять отношенія $\frac{aA}{ob}$ и $\frac{Bb}{ob}$, то мы получимъ числа, очевидно, не зависящія отъ выбранной единицы длины. Эти-то числа извѣстны подъ названіями *синуса* (aA) и тангенса (bB) угла. При такомъ углѣ величина тангенса мало разнится отъ длины дуги, и потому въ этомъ случаѣ за длину послѣдней принимается тангенсъ угла ***).

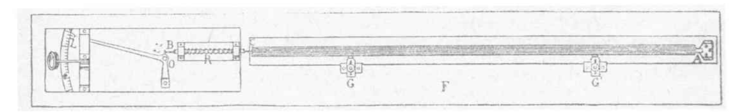
Для того, чтобы единицы поверхности и объема не были произвольными, геометры отнесли ихъ къ единицѣ длины. Единица поверхности S есть квад-

---

стеклянныхъ трубкахъ, микрометрахъ у оптическихъ инструментовъ и пр. Въ этихъ случаяхъ вмѣсто микроскопа берутъ автоматическій рѣзецъ B, который вырѣзываетъ на раздѣляемой поверхности, наприм., на стѣнкѣ стеклянной трубки, равныя, желаемой величины, дѣленія. Черезъ каждыя 5 дѣленій рѣзцомъ производится нѣсколько болѣе длинная черта, черезъ каждыя 10 дѣленій—еще болѣе длинная. Такой аппаратъ называется *дѣлительной машиной* (*фиг.* 409).

Въ виду того, что микрометрическій винтъ никогда не бываетъ совершенно правильнымъ, его необходимо вывѣрять: одну и ту же длину измѣряютъ различными частями винта и изъ получающихся при этомъ результатовъ выводится *таблица поправокъ*, позволяющая производить дальнѣйшія измѣренія съ возможно большей точностью.

Относящійся къ той же категоріи приборъ, извѣстный подъ названіемъ *сравнителя* (*фиг.* 410) состоитъ изъ чугунной доски, снабженной задержкой A и проводниками G,G′. Стержень BC, мо-



Фиг. 410.— Сравнитель.

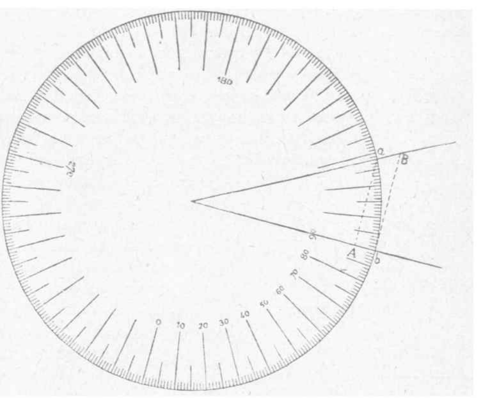
гущій быть отведенъ влѣво, сопротивляется такому отведенію, благодаря пружинѣ R, увлекающей его обратно вправо. Конецъ B этого стержня опирается на одно плечо L′ ломанаго рычага, имѣющаго точку опоры въ O; другое, гораздо болѣе длинное плечо L рычага, перемѣщается своимъ концомъ по круговой скалѣ съ дѣленіями, описанной около центра O. Пусть между задержкой A и концомъ B подвижнаго стержня положена линейка опредѣленной длины и конецъ L рычага стоитъ при этомъ на извѣстномъ дѣленіи. Очевидно, что всякая другая линейка будетъ равна первой, въ томъ случаѣ, если, замѣстивъ ее въ сравнителѣ, она дастъ то же дѣленіе; если же рычагъ останавливается на высшемъ дѣленіи, то вторая линейка больше первой и для приданія ей одинаковой съ первой величины, ее постепенно укорачиваютъ. Такъ изготовляется, наприм., копія съ образцоваго метра.

*) *Метръ*, отъ греч. *μετρον* (метронъ)—мѣра

**) По предъидущей системѣ это уголъ въ 57° 17′ 44″.

***) Приборы, служащіе для измѣренія угловъ, называются *гоніометрами* (угломѣрами). Угломѣрными снарядами пользуются астрономъ, физикъ и минералогъ, причемъ каждый приспособляетъ свой инструментъ къ преслѣдуемой цѣли. Въ существенномъ, гоніометръ есть латунный кругъ, къ окружности котораго, раздѣленной на градусы, минуты и секунды, придѣланы круговой верньеръ и зрительная труба, могущая вращаться на стержнѣ, установленномъ перпендикулярно къ плоскости круга въ центрѣ послѣдняго. Для того, чтобы получить увѣренность въ томъ, что предстоящее измѣреніе будетъ произведено съ возможною большею точностью, необходимо вывѣрять аппаратъ, что нерѣдко уже само по себѣ составляетъ весьма кропотливый и продолжительный трудъ. Про-

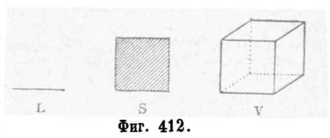
ратъ, сторона котораго равна единицѣ длины L, а единица объема V—кубъ, котораго сторона равна единицѣ длины (*фиг.* 412). Въ метрической системѣ такими единицами служатъ квадратный и кубическій метръ.



Фиг. 411.— Радіанъ.

Такимъ образомъ, зная единицу длины, легко опредѣлить, построить и единицы поверхности и объема. По этой причинѣ единицы поверхности и объема названы *производными*, въ отличіе отъ единицы длины, или *основной* *).

Отъ представленія объ естественныхъ единицахъ, повёдшаго къ созданію ариѳметики, и представленія о формѣ предметовъ (ихъ протяженіи), породившаго геометрію, человѣкъ, очевидно, долженъ былъ перейти къ внимательному наблюденію движенія тѣлъ и создать науку о движеніи—*механику*, въ которую вошли двѣ новыя основныя величины—*время* и *масса*. Прежде всего долженъ былъ

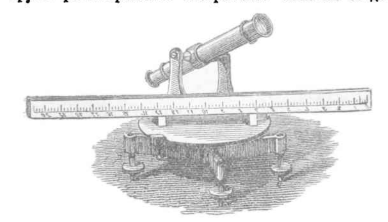


Фиг. 412.

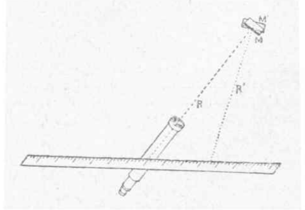
вѣривъ приборъ, направляютъ оптическую ось сначала по одной, затѣмъ по другой сторонѣ измѣряемаго угла и по числу дѣленій между обоими положеніями трубы судятъ о величинѣ угла.

Существуютъ и такіе снаряды, которые, какъ, наприм., теодолитъ, позволяютъ измѣрить заразъ углы, лежащіе въ горизонтальной и вертикальной плоскости. Этихъ инструментовъ мы, однако, не будемъ описывать, такъ какъ это завело бы насъ слишкомъ далеко за предѣлы нашей задачи.

Въ лабораторіяхъ, для измѣренія малыхъ угловъ часто пользуются отклоненіями магнитной стрѣлки, употребляютъ наприм., нижеслѣдующій способъ, принадлежащій Поггендорфу. Отклоняющаяся стрѣлка несетъ при своемъ движеніи зеркальце M, въ которомъ при помощи зрительной трубы разсматриваютъ изображенія линейки съ дѣленіями (*фиг.* 413 и 414). Въ положеніи рав-



Фиг. 414.—Измѣреніе отклоненія по зеркальному методу.



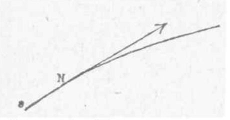
Фиг. 413.—Измѣреніе отклоненія по зеркальному методу.

новѣсія зеркальца M наблюдатель видитъ въ точкѣ перекреста нитей число 10 скалы, расположенной подъ осью трубы; послѣ перемѣщенія зеркальце наблюдается въ M′, и на перекрестѣ видно другое число скалы, которое легко узнать, такъ какъ лучи, идущіе отъ видимаго теперь дѣленія по направленію R′, отражаются зеркальцемъ по направленію R—по направленію оси трубы. Уголъ составляемый лучами R и R′ опредѣлить легко, уголъ же этотъ есть не что иное, какъ двойной уголъ поворота зеркальца. Детали приложенія описаннаго способа, являющіяся въ различныхъ случаяхъ различными, представляютъ лишь второстепенный интересъ.

*) Если, принявъ за единицу длины величину L, мы нашли для длины, поверхности и объема

поразить наблюдателя видъ *траекторіи* брошеннаго тѣла, линіи послѣдовательно принимаемыхъ имъ положеній (*фиг.* 416). Траекторія устанавливаетъ родъ отношенія между движеніемъ и пространствомъ; дѣло механики—построить, начертить траекторію; дальнѣйшимъ изученіемъ и измѣреніемъ ея занимается уже геометрія *).

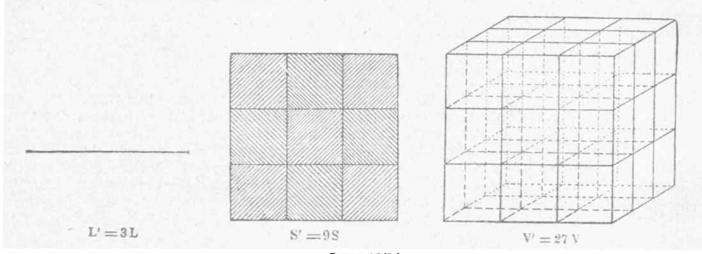
Два тѣла, перемѣщающіяся по одинаковымъ траекторіямъ, наприм., по равнымъ окружностямъ могутъ двигаться съ различными скоростями; такъ, за одинъ и тотъ же промежутокъ времени одно тѣло можетъ проходить лишь часть такой окружности, а другое описать одну или нѣсколько полныхъ окружностей. Подобное явленіе выражаютъ, говоря, что эти два круговыхъ движенія отличаются другъ отъ друга отношеніемъ къ *продолжительности*, ко *времени*. Время, въ самомъ дѣлѣ, не можетъ быть опредѣляемо иначе, какъ понятіе, извлекаемое нами изъ сравненія различныхъ движеній.



Фиг. 416.—Траекторія и скорость движенія брошеннаго тѣла.

Для измѣренія этой величины за единицу времени принимаютъ нѣкоторую постоянную величину, именно продолжительность такого движенія, ко-

какого-нибудь тѣла числа l, s и v, то спрашивается, какъ измѣнятся эти послѣднія, если за единицу длины примемъ величину, втрое большую, а именно 3L. Очевидно, что въ этомъ случаѣ единица поверхности S′ будетъ въ 9 разъ больше первоначальной, т.-е. $S'=9S$; но такъ какъ $9=3\times3$, что со времени Декарта изображается символомъ 3^2 и читается: „три въ квадратѣ“, или „во второй степени“ (число 2 называется показателемъ степени), то $S'=3^2S$.—При единицѣ длины, вчетверо большей, чѣмъ первоначально взятая, соотвѣтствующая единица поверхности $S''=16\,S=4^2S$. Во всѣхъ случаяхъ показателемъ степени является число 2; эту зависимость единицы поверхности отъ



Фиг. 415.

единицы длины выражаютъ, говоря, что *измѣреніе* ея равно 2. Подобнымъ же образомъ найдемъ, что новая единица объема V (*фиг.* 415) равна 27V, или 3^3V, гдѣ показатель степени 3 есть *измѣреніе* единицы объема. Само собою понятно, что числа l', s' и v', долженствующія представить длину, поверхность и объемъ, получатся изъ первоначальныхъ величинъ l, s и v слѣдующимъ образомъ:

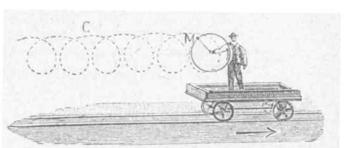
$$l'=\frac{l}{3},\qquad s'=\frac{s}{9}=\frac{s}{3^2},\qquad v'=\frac{v}{27}=\frac{v}{3^3}.$$

Въ геометріи существуютъ формулы для опредѣленія поверхности и объема всякой правильной фигуры или тѣла по даннымъ величинамъ соотвѣтствующихъ линій. Родина геометріи—Египетъ,—быть можетъ, потому, что періодическіе разливы Нила влекли за собой необходимость ежегодно вновь межевать земельныя владѣнія.

Измѣреніе поверхностей, ограниченныхъ неправильными контурами производится помощью планиметровъ. Для измѣренія объема неправильнаго тѣла, послѣднее погружаютъ въ такую жидкость, которая не дѣйствуетъ на тѣло химически и также неспособна проникать внутрь его, и затѣмъ измѣряютъ объемъ вытѣсненной тѣломъ жидкости при помощи надлежащимъ образомъ калибрированныхъ сосудовъ.

*) Форма траекторій различныхъ точекъ движущейся матеріальной системы зависитъ отъ видимыхъ или невидимыхъ *связей* между этими точками. Пояснимъ нѣсколькими примѣрами, что разумѣютъ подъ связью. Двери, висящей на крюкахъ, нельзя сообщить любое движеніе: единствен-

торое, какъ учитъ внимательный и долговременный опытъ, совершается всегда одинаково. На стр. 65 и 98 мы видѣли, что камертонъ, благодаря постоянству своихъ колебаній, можетъ служить хорошимъ хронографомъ, позволяющимъ, по причинѣ малой продолжительности отдѣльныхъ колебаній, измѣрять время съ величайшей точностью. Обыкновенно измѣряютъ время часами, минутами (шестидесятыми частями часа) и секундами (шестидесятыми долями минуты). Время, равное 3 часамъ 25 минутамъ 10 секундамъ, обозначается такъ: 3 ч. 25 м. 10 с.



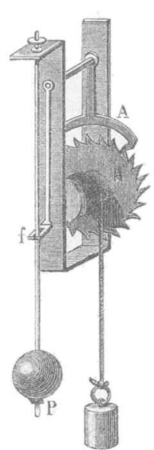
Фиг. 417.—Абсолютное и относительное движенія.

Часъ есть промежутокъ времени, отнесенный къ продолжительности одного оборота земли около ея оси; онъ составляетъ именно одну 24-ю часть продолжительности такого оборота. Постоянство упомянутаго движенія, естественно, обезпечиваетъ намъ постоянство принятыхъ единицъ времени *).

ное возможное для нея движеніе—это вращеніе на крюкахъ; при такомъ вращеніи каждая точка двери описываетъ окружность тѣмъ бо́льшаго радіуса, чѣмъ дальше описываемая точка лежитъ отъ линіи крюковъ. Такое движеніе называется движеніемъ *по кругу*, или вращательнымъ вокругъ линіи крюковъ, получающей названіе оси движенія. Выдвижной ящикъ, какъ всякому извѣстно, можетъ перемѣщаться лишь въ одномъ направленіи—спереди назадъ или сзади напередъ; всякая его точка перемѣщается при этомъ по прямой линіи; тутъ мы видимъ примѣръ *прямолинейнаго* или *поступательнаго* движенія. Изъ сочетанія движеній вращательнаго и поступательнаго получается безчисленное множество движеній сложнаго характера. Мы видѣли, наприм., что сочетаніе вращательнаго и поступательнаго движеній даетъ спиральное движеніе цилиндра или кружка въ палеофонѣ Шарля Кро (стр. 24). Далѣе мы можемъ взять для примѣра движеніе колеса у экипажа. Всякая точка колеса вращается вокругъ оси послѣдняго, въ то время какъ колесо вмѣстѣ со всѣми прочими частями экипажа находится въ поступательномъ движеніи. Такимъ образомъ любая точка, имѣя за разъ два движенія, описываетъ кривую, состоящую изъ послѣдовательнаго ряда равныхъ дугъ и называемую *циклоидой*. Названная кривая представляетъ весьма замѣчательныя свойства.

Движеніе колеса представится намъ круговымъ, если сравнимъ его съ движеніемъ прочихъ частей экипажа (*относительное движеніе*), и *циклоидальнымъ*, если разсматривать его по отношенію къ пространству. Наблюдателю, стоящему на движущейся вагонеткѣ (*фиг.* 417) и вращающему тяжелое тѣло M на нити, кажется, что это тѣло описываетъ кругъ; онъ видитъ *относительное движеніе* тѣла M; посторонній же наблюдатель замѣчаетъ, что вращаемое тѣло описываетъ сложную кривую C: ему, слѣдовательно, видно *абсолютное движеніе*, происходящее отъ прибавленія круговаго относительнаго движенія къ прямолинейному, поступательному движенію вагонетки.

*) Для непосредственнаго измѣренія времени, служатъ *часы* и *хронометры*. Приложеніе *маятника* къ большимъ часамъ было сдѣлано Гюйгенсомъ въ 1657 г.; тотъ же ученый приложилъ *спиральную пружину* къ карманнымъ часамъ въ 1665 г. Законы же движенія маятника, которыми воспользовался Гюйгенсъ, были выведены Галилеемъ въ 1583 г. Наблюдая мелкія качанія люстры, привѣшенной къ своду пизанскаго каѳедральнаго собора, Галилей замѣтилъ, что эти качанія всѣ *изохроничны*, т.-е. имѣютъ одну и ту же продолжительность. Дальнѣйшія наблюденія того же характера повели къ установленію *закона изохронизма качаній* маятника при маломъ размахѣ. На фигурѣ 418 изображенъ регуляторъ Гюйгенса, являющійся наиважнѣйшей частью большихъ часовъ. Стержень маятника P обхватывается вилкой *f*, соединенной съ якореобразной частью A. Зубчатое колесо R, называемое *встрѣчнымъ*, или *храповымъ*, приводится въ движеніе гирей. При всякомъ двойномъ, или полномъ колебаніи маятника колесо, благодаря періодическому задерживанію его концами якоря, повертывается на одинъ зубецъ. Стрѣлка, прикрѣпленная къ оси этого колеса, естественно, проходитъ въ равныя времена равныя разстоянія на циферблатѣ.



Фиг. 418.—Уровнительный памятникъ.

Умѣя измѣрять разстояніе, пройденное тѣломъ, и время, употребленное послѣднимъ для прохожденія этого пути, легко найти законъ, которому повинуется разсматриваемое движеніе. Знать *законъ движенія* точки N на ея траекторіи—это значитъ знать, какова въ каждый моментъ длина пройденнаго тѣломъ пути ON (*фиг.* 416). Точка O, отъ которой тѣло начинаетъ свое движеніе, называется *начальнымъ положеніемъ* точки, или *началомъ движенія*; моментъ, въ который тѣло покидаетъ это положеніе, есть *начальный моментъ*, или *начальный элементъ времени*, въ теченіе котораго совершается движеніе.

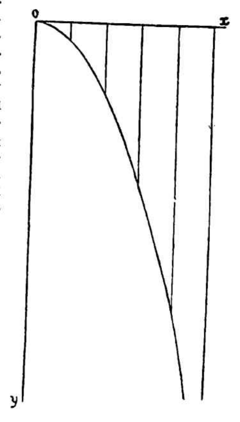
Мы видѣли, что два движенія могутъ отличаться одно отъ другого формой соотвѣтствующихъ имъ траекторій, своимъ отношеніемъ ко времени, т.-е. скоростью и ускореніемъ. Но помимо того, и между самыми движущимися тѣлами можетъ существовать важное различіе. Такіе два тѣла, какъ просяное зерно и пушечное ядро, падающія въ пустотѣ совершенно одинаково, отличаются другъ

Если движущееся тѣло въ равные произвольно выбранные промежутки проходитъ одинаковыя разстоянія, то движеніе совершается *равномѣрно*. При такомъ движеніи *пространства, пройденныя тѣломъ, пропорціональны временамъ*, употребленнымъ на прохожденіе этихъ пространствъ. *Скорость* подобнаго движенія выражается длиною линіи, пройденной тѣломъ въ одну секунду; вообще, если тѣло въ единицу времени проходитъ 15 единицъ длины, то мы говоримъ, что *скорость* равномѣрнаго движенія равна 15.

Но часто бываетъ такъ, что тѣло въ различные моменты своего движенія перемѣщается съ различною скоростью. Подобное движеніе, для котораго зависимость между временемъ и пространствомъ представляется болѣе или менѣе сложнымъ, называется *перемѣннымъ*. Изъ перемѣнныхъ движеній мы вкратцѣ изучимъ одно, особенно важное, именно свободное паденіе тѣла. Мы сдѣлаемъ это съ цѣлью показать на примѣрѣ, какъ вообще изучаются законы движенія тѣлъ.

Прежде всего мы замѣчаемъ, что траекторія, проходимая свободно падающимъ тѣломъ, есть прямая вертикальная линія; таково отношеніе этого движенія къ пространству. Но какова же связь его съ временемъ, какова длина пути, проходимаго тѣломъ за опредѣленный промежутокъ времени,— словомъ, каковъ законъ разсматриваемаго движенія? Непосредственно опредѣлить въ каждый моментъ величину пройденнаго пути было-бы чрезвычайно трудно—вслѣдствіе того, что движеніе совершается съ огромной быстротой. Поэтому Галилей прибѣгнулъ къ особенной уловкѣ—къ замедленію движенія посредствомъ наклонной плоскости. Но въ настоящее время предпочитаютъ пользоваться графическимъ способомъ, при которомъ движущееся тѣло само записываетъ законъ своего движенія. Вотъ какъ производится эта запись по методу генерала Морена, основанному на идеѣ Понселэ. Большой вертикальный цилиндръ (*фиг.* 419), обтянутый листомъ бумаги, на которомъ проведенъ рядъ равноотстоящихъ одна отъ другой вертикальныхъ линій (образующихъ), расположенъ близъ траекторіи, описываемой падающимъ тѣломъ (гирей). Къ послѣдней прикрѣпленъ карандашъ, слегка прижимающійся къ бумагѣ. Когда при паденіи гири цилиндръ неподвиженъ, карандашъ чертитъ вертикальную линію *oy*; если гиря неподвижна, а цилиндръ вращается, то карандашъ начертитъ горизонтальную окружность; наконецъ, если при паденіи гири цилиндръ будетъ находиться въ равномѣрномъ вращательномъ движеніи (при которомъ образующія проходятъ передъ карандашомъ черезъ равные промежутки времени), то карандашъ начертитъ кривую, извѣстную подъ названіемъ *параболы* (*фиг.* 419).

Фиг. 420.— Первый записывающій движеніе аппаратъ, примѣненный генераломъ Мореномъ къ изученію законовъ паденія тѣлъ.



Фиг. 419.—Полу-паробола, начерченная на цилиндрѣ аппарата Морена падающимъ тѣломъ.

Въ тотъ моментъ, когда остріе карандаша стоитъ въ какой-либо опредѣленной точкѣ на этой кривой, высота, съ которой успѣло упасть тѣло, равна разстоянію взятой точки отъ начальной окружности *ox*. По прохожденіи падающимъ тѣломъ всей высоты цилиндра измѣряютъ разстоянія точекъ пересѣченія кривой послѣдовательными, напередъ начертанными на бумагѣ, образующими, т.-е. разстоянія, соотвѣтствующія временамъ, относящимися между собой, какъ числа: 1, 2, 3,... Изъ получающихся при этомъ результатовъ видно, что *пространства*, пройденныя падающимъ

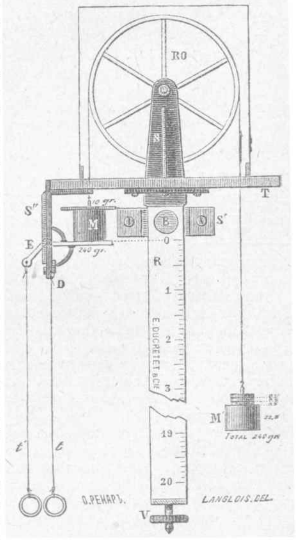
отъ друга своими *массами* самымъ коренным образомъ. Для того, чтобы составить себѣ ясное представленіе о *массѣ* тѣлъ, проще всего вообразить, что матерія представляетъ собою нѣчто *однообразное*, всюду однородное, что она есть собраніе частицъ неизмѣнной формы, неразрушаемыхъ и совершенно тождественныхъ между собою. При такомъ воззрѣніи, разнородность тѣлъ представится лишь результатомъ различной группировки частицъ, и выраженіемъ массы, или количества содержащейся въ данномъ тѣлѣ матеріи, будетъ служить число частицъ, образующихъ это тѣло. Опытнымъ путемъ подобное число, конечно, не можетъ быть опредѣлено, вслѣдствіе чрезвычайной малости частицъ, но за то есть возможность подойти къ нему теоретическимъ путемъ. Согласно изслѣдованіямъ Сэра Вильяма Томсона, въ одной каплѣ воды содержится 100,000,000,000,000,000,000,000,000 (сто квадрилліоновъ) частицъ.

тѣломъ за различные промежутки времени, считая отъ начальнаго момента движенія, *пропорціональны квадратамъ этихъ временъ*, т.-е, въ теченіе двухъ секундъ тѣло проходитъ пространство вчетверо большее, нежели въ одну секунду; въ три секунды—пространство, въ девять разъ большее, и т. д. Таковъ законъ свободнаго паденія тѣлъ.

Вышеописанный графическій способъ имѣетъ обширное приложеніе въ наукѣ. Генералъ Себеръ приложилъ его къ опредѣленію скорости полета метательныхъ снарядовъ, выбрасываемыхъ орудіями. Устроенный Мареемъ *ходографъ* прилагается къ самымъ различнымъ случаямъ: тотъ же снарядъ, посредствомъ котораго опредѣляютъ скорость движенія крови въ сосудахъ или воздуха въ бронхахъ, позволяетъ узнать скорость хода экипажа, двигаемаго лошадьми, или желѣзнодорожнаго поѣзда. Въ недавнее время былъ произведенъ рядъ ходографическихъ наблюденій на Южной желѣзной дорогѣ съ цѣлью точно проконтролировать ходъ поѣздовъ. Послѣдній со всѣми мельчайшими подробностями обозначается на ходографической кривой; тутъ сразу видна и быстрота, съ которой устанавливается нормальный ходъ поѣзда, и моменты остановокъ на станціяхъ, и быстрота дѣйствія при такихъ остановкахъ.

Этимъ же графическимъ способомъ опредѣляется и характеръ тѣхъ сложныхъ движеній, которыя составляютъ землетрясеніе. Употребляемые при этомъ снаряды, такъ-называемые *сейсмографы* съ точностью записываютъ образованіе, силу, направленіе и различныя фазы земныхъ сопряженій. Болѣе чувствительные *микросейсмографы* употребляются для изученія незамѣтныхъ колебаній, совершающихся постоянно въ мѣстностяхъ, подверженныхъ сильнымъ землетрясеніямъ. Эти незначительныя колебанія показываютъ, что „причина, порождающая землетрясенія, не исчезаетъ вмѣстѣ съ послѣдними, а продолжаетъ дѣйствовать, хотя и въ слабой степени, и въ промежуткахъ между ними".

Расширивъ уже давно полученное нами понятіе о графическомъ методѣ, важность котораго возростаетъ съ каждымъ днемъ, для котораго непрестанно открываются все новыя и новыя приложенія, мы вернемся теперь къ основному аппарату генерала Морена и будетъ продолжать изученіе движенія тѣла М. Какъ бы мы ни видоизмѣняли это послѣднее, будетъ ли оно большое или малое, мѣдное, серебряное, деревянное или иное, законъ паденія остается строго-неизмѣннымъ. Ньютонъ показалъ, что въ пустотѣ (наприм., въ вертикальной стеклянной трубкѣ, изъ которой выкачанъ воздухъ) всѣ тѣла падаютъ съ одинаковою скоростью. Но скорость паденія, видимымъ образомъ, не одинакова для моментовъ, неравноотстоящихъ отъ начальнаго момента движенія— она все болѣе и болѣе увеличивается. Какъ именно она увеличивается,—это покажетъ намъ аппаратъ Морена (*фиг.* 241). Привѣсимъ гирю М къ одному концу нити, перекинутой черезъ блокъ и другимъ концомъ удерживающей тѣло М', одного вѣса съ М. Тогда мы получимъ такую систему, которая при всевозможныхъ положеніяхъ гирь остается въ равновѣсіи. Если затѣмъ на тѣло М положимъ еще небольшой грузъ 10, то система придетъ въ движеніе и паденіе гири М вмѣстѣ съ прибавочнымъ грузомъ будетъ совершаться по тому же закону, по какому происходило бы паденіе одного тѣла М, т.-е. пройденныя пространства и въ этомъ случаѣ будутъ пропорціональны квадратамъ временъ, употребленнымъ на прохожденіе этихъ пространствъ. Но если гдѣ-нибудь на пути паденія задержать грузъ 10, посредствомъ кольца, пропускающаго гирю, но слишкомъ узкаго для того, чтобы чрезъ него могъ пройти прибавочный

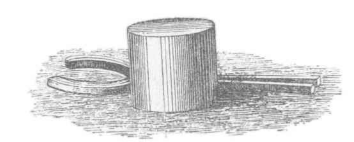


Фиг. 421. — Опредѣленіе скорости падающаго тѣла въ различные моменты паденія.

Но за единицу массы была принята не масса одной матеріальной частицы, а масса всѣхъ частицъ, содержащихся въ одномъ кубическомъ дециметрѣ воды при 4° Цельзія. Эта единица есть *килограммъ*. Образцовый килограммъ, представляющій собой цилиндръ изъ иридистой платины, хранится въ архивѣ, гдѣ къ нему прикасаются не иначе, какъ щипцами, обтянутыми бархатомъ (*фиг.* 422) *).

Въ настоящее время *основными единицами* считаются, однако-же, не метръ, часъ и килограммъ, а вслѣдствіе соглашенія, состоявшагося на международномъ конгрессѣ электриковъ въ Парижѣ во время электрической выставки,—*сантиметръ*—(сотая часть образцоваго метра)—единицею длины, *граммъ* (одна тысячная образцоваго килограмма)—единицею массы, и *секунда* (одна 864000-я среднихъ солнечныхъ сутокъ)—единицею времени. Къ этимъ основнымъ единицамъ могутъ быть отнесены и всѣ прочія, какъ мы видѣли это для поверхности, объема, скорости и ускоренія и какъ сейчасъ увидимъ и для другихъ величинъ. Поэтому всѣ единицы, кромѣ основныхъ, называются *производными*. Совокупность тѣхъ и другихъ единицъ образуетъ систему *сантиметръ-граммъ-секунда*, обозначаемую, для краткости, C.G.S.

Уже Гауссъ отнесъ всѣ измѣрительныя единицы къ миллиметру, миллиграмму и секундѣ; позднѣе, въ 1852 г., идеей Гаусса воспользовалась Британская ассоціація и выработала координированную систему мѣръ, принятую лондонскимъ Королевскимъ Обществомъ въ 1865 г. и окончательно санкціонированную подъ названіемъ системы C.G.S. конгрессомъ 1881 года.



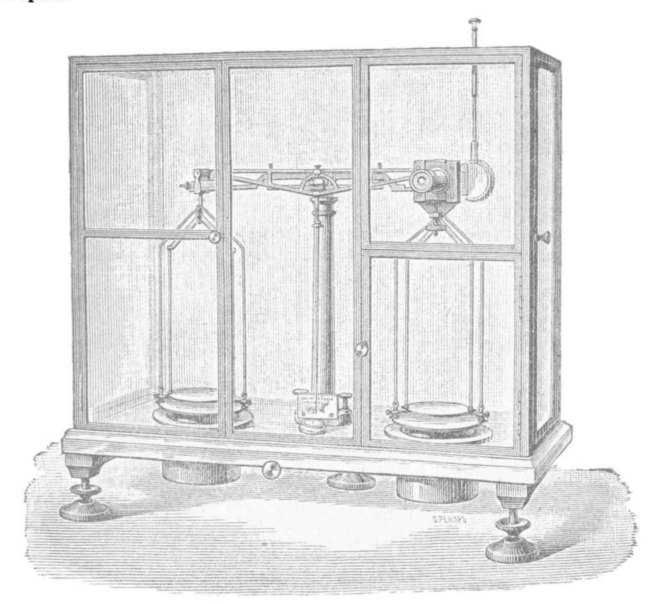
Фиг. 422.— Эталонъ массы: *килограммъ*.

Согласно сказанному, единица поверхности въ системѣ C.G.S.—есть площадь квадрата, сторона котораго равна одному сантиметру, — это—*квадратный сантиметръ* (*фиг.* 412); единицей объема служитъ кубъ, у котораго ребро равно сантиметру,—это—*кубическій сантиметръ* (*фиг.* 412); единица скорости есть такая скорость, при которой тѣло, движущееся равномѣрно, проходитъ разстояніе од-

грузъ, то движеніе системы тотчасъ же сдѣлается равномѣрнымъ и будетъ уже совершаться съ нѣкоторою опредѣленною скоростью, которую назовемъ V; величина этой скорости зависитъ отъ того, гдѣ именно на траекторіи помѣщено задерживающее кольцо. Чѣмъ больше времени прошло отъ начала движенія до задержки прибавочнаго груза, тѣмъ эта скорость является большей, и притомъ въ равные промежутки она нарастаетъ на одну и ту же величину. Эту-то скорость, съ которою въ данный моментъ, по удаленіи прибавочнаго груза, начинаетъ совершаться равномѣрное движеніе гири, и принято считать *скоростью перемѣннаго движенія* въ разсматриваемый моментъ; приращеніе же скорости въ каждую секунду называютъ *ускореніемъ*. Ускореніе обозначаютъ буквою g. Въ Парижѣ g=9,8094 метра (если за единицу длины принять метръ, а за единицу времени—секунду).

*) Мы умѣемъ, такимъ образомъ, измѣрять длины и времена. Посмотримъ теперь, какимъ путемъ производится сравненіе массы какого-либо тѣла съ массою килограмма, другими словами, какимъ образомъ, измѣряется масса этого тѣла,—какъ узнать, сколько разъ число частицъ, заключающихся въ одномъ кубическомъ дециметрѣ воды, содержится въ данномъ тѣлѣ. Принимая, что *по отношенію къ механическимъ явленіямъ* первичныя частицы всѣхъ тѣлъ тождественны между собой, для вышеназванной цѣли, очевидно, достаточно найти, сколько килограммовъ или частей килограмма требуется взять вмѣсто даннаго тѣла, участвующаго въ извѣстномъ механическомъ явленіи, для того, чтобы воспроизвести это послѣднее съ полною точностью. Обыкновенно, какъ средствомъ для сравненія пользуются явленіемъ равновѣсія, и самое сравненіе производятъ помощью прибора, называемаго *вѣсами* (*фиг.* 423). На одну чашку вѣсовъ кладутъ тѣло, массу котораго желаютъ сровнить съ килограммомъ, и уравновѣшиваютъ его какими-нибудь другими предметами, кладя послѣдніе на другую чашку. Затѣмъ сравниваемое тѣло снимаютъ, для возстановленія нарушеннаго, благодаря этому, равновѣсія на мѣсто снятаго тѣла кладутъ килограммы или части килограмма. Если для возстановленія равновѣсія нужно взять 2 килограмма, то масса тѣла равна 2. То же число должно получаться и при всякомъ другомъ способѣ измѣренія. Для каждаго тѣла существуетъ опредѣленная величина массы, ни отъ чего, кромѣ этой послѣдней, не зависящая: помѣщается ли тѣло на полюсѣ или на экваторѣ, на землѣ или въ корзинѣ высоко поднявшагося воздушнаго шара,—результатъ измѣренія получается всегда совершенно одинъ и тотъ же, лишь бы измѣреніе производилось въ пустотѣ.

ного сантиметра въ одну секунду. Эту единицу, не получившую еще спеціальнаго названія, мы назовемъ *велоксъ* (отъ лат. *velox*—скорый). Если равномѣрно движущееся тѣло проходитъ въ секунду 50 сантиметровъ, то скорость его будетъ 50 велоксовъ; тѣло, проходящее въ одну секунду 620 метровъ, движется со скоростью 62000 велоксовъ. *Единица ускоренія* есть ускореніе такого *равномѣрно-перемѣннаго движенія*, при которомъ скорость возростаетъ на одинъ велоксъ въ теченіе одной секунды; эти единицу мы назовемъ *акцелералъ* (отъ лат. *acceleratio*—ускореніе). Опытъ показываетъ, что скорость свободно падающаго тѣла по мѣрѣ приближенія его къ землѣ все болѣе и болѣе увеличивается, при чемъ приращеніе скорости въ одну секунду составляетъ, въ Парижѣ, 901 велоксъ; другими словами, ускореніе при свободномъ паденіи равно 901, точнѣе—980,94 акцелераля.



Фиг. 423.— Точные анеріодическіе вѣсы, служащіе для непосредственныхъ опредѣленій вѣса.

Такимъ образомъ изъ сантиметра и секунды мы въ системѣ C.G.S. производимъ единицы поверхности, объема, скорости и ускоренія.

Разсмотримъ теперь другія производныя единицы. Ясно, что дѣйствіе, развиваемое ударомъ движущагося тѣла о встрѣченную имъ преграду, зависитъ, съ одной стороны, отъ массы этого тѣла, а съ другой—отъ той скорости, которую имѣло тѣло въ моментъ удара. Если, наприм., съ вышины третьяго этажа будутъ брошены одновременно свинцовая дробинка и свинцовое ядро, то, несмотря на то, что то и другое движутся рядомъ и съ совершенно одинаковой скоростью, дробинка не причинитъ встрѣченному ею человѣку никакого вреда, между тѣмъ какъ ядро убьетъ его моментально. Но та же самая дробинка, въ свою очередь, можетъ нанести смертельный ударъ, если ей будетъ сообщена достаточно большая скорость, наприм., если она будетъ выброшена изъ ружья. Изъ этого должно заключить, что состояніе движенія дробинки въ томъ и дру-

гомъ случаѣ неодинаково; это измѣнчивое состояніе Декартъ называлъ *количествомъ движенія*, а Лейбницъ—*живою силою* (vis viva); въ настоящее время оно, какъ было указано ранѣе, извѣстно подъ названіемъ *кинетической энергіи* (энергіи движенія).

Основываясь на томъ, что это количество увеличивается при увеличеніи массы тѣла и скорости его движенія, Декартъ выражалъ его произведеніемъ массы на скорость, что было ошибочно; Лейбницъ выражалъ то же количество произведеніемъ массы на квадратъ скорости, а въ настоящее время оно, или—что то же—кинетическая энергія выражается половиною Лейбницева произведенія.

„Артиллеристы уже давно знаютъ,—говоритъ Жуффре́, во введеніи къ своей „Теоріи энергіи", что разрушительное дѣйствіе ядеръ возрастаетъ пропорціонально массѣ послѣднихъ и квадрату ихъ скорости въ моментъ удара".

Изъ сказаннаго слѣдуетъ, что *единица энергіи* въ системѣ C.G.S. есть та энергія, которою обладаетъ граммъ (т.-е. масса одного грамма), движущійся равномѣрно со скоростью одного велокса; этой единицѣ дано названіе *эрга* (отъ греч. ἔργον—работа) *).

Идя далѣе, можно сказать, что стремленіе движущагося тѣла къ движенію возрастаетъ при увеличеніи ускоренія, не измѣняется въ томъ случаѣ, если ускореніе остается постояннымъ, т.-е. одинаковымъ въ любой моментъ, и, наконецъ, уменьшается при уменьшеніи ускоренія. Это то стремленіе принято называть *силою*, величину послѣдней въ данный моментъ выражаютъ произведеніемъ массы движущагося тѣла на ускореніе въ разсматриваемый моментъ, а за направленіе ея считаютъ направленіе ускоренія. Отсюда нужно заключить, что единица силы есть такая сила, которая сообщаетъ одному грамму равномѣрно-перемѣнное движеніе съ ускореніемъ въ одинъ акцелераль; эту единицу называютъ *диною* (отъ греч. δύναμις—сила) **).

Въ то время какъ масса тѣла остается неизмѣнной при всякомъ положеніи его, *вѣсъ* тѣла есть, напротивъ того, величина измѣняющаяся съ положеніемъ *тѣла;* вѣсъ тѣла въ какомъ-либо мѣстѣ опредѣляется по его массѣ и ускоренію; другими словами, это есть *сила тяжести* въ данномъ мѣстѣ. Такъ какъ ускореніе движенія при свободномъ паденіи тѣла остается одинаковымъ въ любой моментъ, то, слѣдовательно, и самая сила, приводящая тѣло въ движеніе, должна быть постоянною и величина ея не должна зависѣть отъ пріобрѣтенной тѣломъ скорости. Такимъ образомъ, сила эта, или *вѣсъ* тѣла, остается неизмѣнною въ теченіе паденія; въ механикѣ она выражается одною и тою же величиной, безразлично, покоится ли тѣло на землѣ, лежитъ ли оно на столѣ, подвѣшено на нити, поддерживается пружиной, и проч.

---

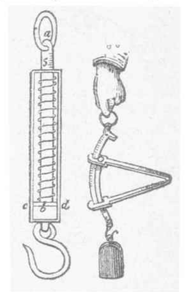
*) Вычислимъ, чему равна кинетическая энергія пули, имѣющей массу 20 граммовъ и движущейся со скоростью 62000 велоксовъ. Масса равна 20. Квадратъ скорости есть 62000×62000=3844000000; половина произведенія массы на квадратъ скорости есть 10.3844000000=38440.000.000. Это число можно писать: 3844×10^7 представляя его въ видѣ 3844.10000000 и замѣтивъ, что 10000000 есть 7-я степень 10-ти, т.-е. 10 взято множителемъ 7 разъ (10×10×10×10×10×10×10). Такой приблизительно кинетической энергіей обладаетъ пуля въ моментъ выбрасыванія ея ружьемъ Лебеля.

**) Такъ какъ ускореніе движенія массы одного грамма при свободномъ паденіи равно 901 акцелeралю, то сила, приводящая ее движеніе, равна 981 динѣ. Это-то число динъ и называется *силой тяжести*. Какъ показываетъ опытъ, ускореніе при паденіи нѣкоторой массы является величиной постоянной для опредѣленнаго мѣста, но оно измѣняется съ измѣненіемъ широты и высоты. Если на полюсѣ оно равно 983, 11 акцелераля, то на экваторѣ оно равно лишь 978, 1 акцел.; поэтому одной и той же массѣ—одному грамму на полюсѣ соотвѣтствуетъ сила 983, 11 дины, а на экваторѣ—978, 1 дины; говорятъ также, что сила тяжести въ какомъ-либо мѣстѣ есть *вѣсъ грамма* въ данномъ мѣстѣ. Если одинъ граммъ равенъ 981 динѣ, то вѣсъ массы 25 граммовъ будетъ равенъ 25×981=24525 динамъ. Ускореніе тяжести измѣряется обыкновенно при помощи маятника. Величайшій изъ существующихъ маятниковъ устроенъ въ недавнее время Маскаромъ на Эйфелевой башнѣ; привѣшенный ко второй платформѣ башни, онъ нижнимъ своимъ концомъ достигаетъ самой земли.

Если два движущихся тѣла связаны между собой такимъ образомъ, что могутъ двигаться въ противоположныя стороны (*фиг.* 424), то говорятъ, что эти тѣла имѣютъ одинаковое стремленіе къ движенію, или иначе—что они, находясь въ покоѣ, *въ равновѣсіи*, подвержены дѣйствію равныхъ и противоположныхъ силъ. Поэтому, если извѣстна величина одной изъ этихъ двухъ силъ въ динахъ, то тоже число динъ будетъ выражать и другую *).

---

*) На этомъ именно принципѣ основано устройство такъ-называемыхъ *динамометровъ*,—приборовъ, служащихъ для измѣренія силъ (*фиг.* 429). Пружина, неподвижно укрѣпленная на одномъ концѣ, несетъ на другомъ указатель, движущійся вдоль скалы. Для полученія послѣдней пружину сжимаютъ рядомъ опредѣленныхъ грузовъ и при каждомъ грузѣ записываютъ его величину на томъ мѣстѣ, гдѣ останавливается указатель. Такимъ образомъ всякая другая сила, въ предѣлахъ скалы, легко опредѣлится по тому числу, къ которому она приведетъ указатель пружины, будучи приложена къ послѣдней вмѣсто груза.

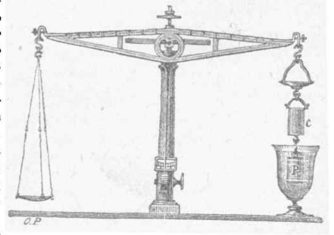


Фиг. 424.—Динамометры.

На фигурахъ 199 и 200 мы видѣли динамометры, служащіе для измѣренія электрической силы или—при замѣнѣ наэлектризованныхъ шариковъ магнитами—силы магнитной.

Если пружина динамометра сжимается въ воздухѣ до нѣкотораго числа скалы грузомъ въ p динъ, то въ водѣ, какъ легко убѣдиться, сжатіе пружины тѣмъ же грузомъ окажется меньше и будетъ соотвѣтствовать меньшему числу динъ, положимъ числу p'. Это выражаютъ, говоря, что взятый грузъ испытываетъ со стороны воды извѣстное *давленіе*, равное $p-p'$ динамъ. Измѣняя жидкость, находимъ, что измѣняется и давленіе, ею оказываемое, и что это давленіе всегда равно *вѣсу вытѣсненной погруженнымъ тѣломъ жидкости*. Этотъ законъ принадлежитъ Архимеду. Доказывается онъ слѣдующимъ образомъ. Если, уравновѣсивъ вѣсы въ воздухѣ, погрузить въ какуюнибудь жидкость цилиндрикъ P, привѣшенный подъ одной изъ чашекъ, то равновѣсіе нарушится; для того, чтобъ оно возстановилось, нужно наполнить тою же жидкостью сосудецъ C, емкость котораго какъ разъ равна объему цилиндрика V (*фиг.* 425).

Если давленіе меньше вѣса тѣла, то послѣднее, будучи опущено въ жидкость, тотчасъ же тонетъ; такой примѣръ представляетъ свинецъ въ водѣ. Если давленіе равно вѣсу тѣла, то послѣднее остается въ равновѣсіи, будучи вполнѣ окружено жидкостью, въ любомъ положеніи; подобное явленіе мы наблюдаемъ на каплѣ масла, помѣщенной въ надлежащую смѣсь изъ воды и спирта. Наконецъ, если давленіе больше вѣса тѣла, то тѣло плаваетъ на жидкости, будучи погружено въ послѣднюю какъ разъ настолько, что вѣсъ вытѣсненной при этомъ жидкости равенъ какъ разъ вѣсу тѣла; этимъ объясняется плаваніе во всѣхъ его видахъ—плаваніе людей, животныхъ, судовъ и проч.; благодаря этому же легко опредѣлить вѣсъ кубическаго сантиметра различныхъ жидкостей,—такъ-называемые *удѣльные вѣса* послѣднихъ. Если, наприм., тѣло объемомъ въ 3 кубич. сантиметра испытываетъ въ данной жидкости давленіе въ 30 динъ, то удѣльной вѣсъ этой жидкости равенъ $\frac{30}{3}$, или 10. Раздѣливъ удѣльный вѣсъ какой-нибудь жидкости, опредѣленный для Парижа, на ускореніе тяжести, т.-е. на 901—число акцелералей для названнаго пункта,—получимъ величину массы кубическаго сантиметра взятой жидкости,—число, называемое также *абсолютной плотностью* жидкости. *Плотность* же какого-либо тѣла по отношенію къ другому тѣлу, иначе—*относительная плотность* его есть частное отъ дѣленія абсолютной плотности перваго на такую же плотность второго. Обыкновенно плотности различныхъ твердыхъ тѣлъ и жидкостей относятъ къ плотности воды при 4° Ц., а плотности газовъ берутся по отношенію къ воздуху.



Фиг. 425.— Законъ Архимеда.

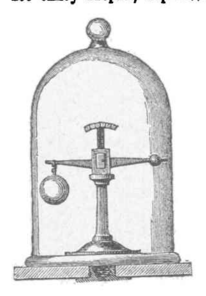
Тѣло, погруженное въ атмосферу какого-нибудь газа, испытываетъ со стороны ея извѣстное давленіе, также какъ въ случаѣ жидкостей, подчиняющееся закону Архимеда, здѣсь давленіе это называется *подъемною силою* газа; этимъ давленіемъ объясняется поднятіе извѣстныхъ тѣлъ въ воздухѣ—возможность воздухоплаванія. Если два шара—большой полый и малый сплошной—уравновѣшиваютъ другъ друга въ воздухѣ, то въ сосудѣ, изъ котораго постепенно выкачивается воздухъ, коромысло вѣсовъ все болѣе и болѣе наклоняется въ сторону большого шара, вслѣдствіе того, что при выкачиваніи воздуха мало-по-малу исчезаетъ сравнительно большое давленіе воздуха на полый шаръ (*фиг.* 426).

Погрузимъ въ сосудъ съ жидкостью (*фиг.* 428) трубку, дномъ которой служитъ приложенная къ нижнему ея отверстію тоненькая стеклянная пластинка. Для того, чтобы пластинка отпала, требуется,

О силѣ, перемѣщающейся по ея собственному направлеiю, говорятъ, что она совершаетъ извѣстную *работу*; эту работу выражаютъ произведенiемъ силы на перемѣщенiе. За единицу работы въ системѣ C.G.S. принимается работа,

---

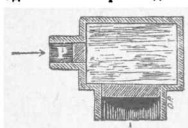
чтобы уровни однородной жидкости въ трубкѣ и въ сосудѣ сдѣлались одинаковыми. Опытъ показываетъ, что то же самое наблюдается, если вмѣсто трубки взять сосудъ какой бы то нибыло формы, лишь бы донышко и высота сосуда были тѣ ж. Это выражаютъ, говоря, что жидкость, окружающая трубку (или иной сосудъ на мѣстѣ трубки), производитъ на дно ея *давленiе*, направленное снизу вверхъ, перпендикулярно къ поверхности дна, и равное, въ динахъ, вѣсу столба жидкости, основанiе котораго равно площади дна, а высота—разстоянiю центра дна отъ уровня жидкости въ сосудѣ. Частное отъ дѣленiя числа динъ, выражающаго давленiе жидкости на донышко, на число квадратныхъ сантиметровъ, выражающее площадь дна,—это-то частное и называется давленiемъ жидкости въ мѣстѣ нахожденiя донышка; единицѣ давленiя соотвѣтствуетъ давленiе одной дины на 1 квадратный сантиметръ. Ясно, что подобнымъ же образомъ измѣряется и давленiе, оказываемое жидкостью на ту или иную часть стѣнки сосуда.



Фиг. 426.

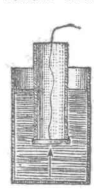
Если взять такой сосудъ, какой изображенъ на фигурѣ 427, у котораго нижнее отверстiе занимаетъ площадь, вчетверо большую, нежели боковое, то, при покоѣ, давленiе на послѣднее будетъ вчетверо меньше, чѣмъ на нижнее. Паскаль, впервые замѣтившiй это явленiе, выражаетъ его слѣдующимъ образомъ: „Если мы имѣемъ замкнутый со всѣхъ сторонъ сосудъ, наполненный водою, въ стѣнкахъ котораго сдѣлано два отверстiя, изъ которыхъ одно во сто разъ больше другого, и которыя оба снабжены приходящимися къ нимъ поршнями, то сила проталкиванiя малаго поршня однимъ человѣкомъ будетъ уравновѣшивать силу ста человѣкъ, давящихъ на большой поршень, и побѣждать девяносто девять человѣкъ“. На этомъ то началѣ и основанъ *гидравлическiй прессъ*.

Въ 1847 г. Паскаль произвелъ въ Руанѣ свой знаменитый опытъ, который наглядно показываетъ, что ничтожнымъ количествомъ воды можетъ быть произведено колоссальное давленiе. Онъ вдѣлалъ въ верхнее дно бочки высокую и длинную трубку и, по наполненiи бочки водою, наполнилъ послѣднюю и трубку. Положимъ, что вода поднялась на 10 метровъ отъ нижняго дна бочки, площадь котораго равна 1 квадратному метру, т.-е. $100 \times 100 = 10000$ квадратныхъ сантиметровъ. Согласно сказанному выше, давленiе на это дно бочки должно было равняться вѣсу столба воды, котораго основанiе равно 10000 квадр. сантиметровъ, а высота—1000 сантиметровъ, т.-е. вѣсу десяти миллiоновъ кубич. сантим. воды, что составляетъ приблизительно $10^7 \times 981$ динъ и соотвѣтствуетъ массѣ 100000 килограммовъ. Понятно, что такого давленiя бочка выдержать не можетъ, что она дожна лопнуть. Каждый метръ воды, прилитый въ трубку, увеличиваетъ давленiе на дно на вѣсъ массы 1000 килограммовъ, а между тѣмъ такое поднятiе уровня можетъ быть произведено прибавленiемъ самаго ничтожнаго количества воды, если трубка достаточно узка.



Фиг. 427.

Подобно жидкостямъ, и газы производятъ давленiе на стѣнки заключающихъ ихъ сосудовъ, но газы отличаются отъ жидкостей своей *расширяемостью*, т.-е. способностью разсѣяться во всемъ, предоставленномъ имъ пространствѣ. Давленiе газа представляютъ себѣ такъ же, какъ давленiе жидкости. Посмотримъ, какъ доказывается расширяемость газа и измѣряется его сила. Введемъ подъ колоколъ воздушнаго насоса пузырь, полунаполненный воздухомъ и запертый краномъ. Какъ только начинается выкачиванье воздуха, пузырь тотчасъ же надувается: заключенный въ немъ воздухъ напрягаетъ его стѣнки до крайней степени. Но стоитъ впустить воздухъ подъ колоколъ, чтобы пузырь спался и принялъ свой первоначальный видъ. Расширительную способность газовъ можно также демонстрировать слѣдующимъ образомъ. Подъ колоколъ воздушнаго насоса помѣщаютъ бутылку, плотно закупоренную пробкой, слегка смазанной жиромъ; какъ только произведено нѣкоторое разрѣженiе воздуха, пробка тотчасъ же выскакиваетъ. Въ томъ и другомъ опытѣ воздухъ можно замѣнить какимъ-либо инымъ газомъ. Такимъ образомъ, совершенно ясно, что газъ стремится занять какъ можно больше пространства, и если ему будетъ предоставлено нѣкоторое пустое пространство, то онъ наполнитъ его, какъ бы оно ни было велико. Каково-бы ни было пространство, занимаемое газомъ, этотъ послѣднiй всегда оказываетъ на стѣнки вмѣщающаго его сосуда извѣстное давленiе; мѣрило для сравненiя служитъ давленiе газа на 1 квадр. сантиметръ площади.



Фиг. 428.

Безпредѣльная расширяемость газовъ, въ силу которой они стремятся занять какъ можно большее пространство, какъ будто стоитъ въ противорѣчiи съ дѣйствiемъ силы тяжести; оттого-то долгое время принимали, что воздухъ—вещество невѣсомое. Правда, уже Аристотель склоненъ былъ приписывать воздуху нѣкоторый вѣсъ, но не былъ въ состоянiи доказать справедливость подобнаго воззрѣнiя. Что воздухъ дѣйствительно обладаетъ вѣсомъ, впервые доказано было Галилеемъ, который взвѣсилъ одинъ и тотъ же баллонъ—сначала—наполненный овздухомъ, находившимся подъ обыкно-

произведенная перемѣщеніемъ одной дины на разстояніе одного сантиметра *). Какъ доказывается въ механикѣ, работа затраченная на перемѣщеніе силы, измѣряется въ каждый данный моментъ величиной, пріобрѣтенной кинетической энергіей. Оттого-то произведенная силой *работа* выражается въ тѣхъ же единицахъ, какъ *энергія*, т.-е. въ эргахъ. Такимъ образомъ система, образуемая съ

веннымъ давленіемъ, а потомъ сжатымъ воздухомъ; большій вѣсъ баллона во второмъ случаѣ доказываетъ, что воздухъ—тѣло вѣсомое.

Въ 1650 г. то же самое доказалъ самымъ положительнымъ образомъ Отто Герике: онъ взвѣсилъ баллонъ большой емкости сначала пустой (выкачавъ изъ него весь воздухъ), а потомъ—наполненный воздухомъ; оказалось, что съ воздухомъ баллонъ вѣситъ больше, нежели пустой. Реньо, повторившій только-что указанный опытъ съ соблюденіемъ всѣхъ необходимыхъ предосторожностей, нашелъ, что въ тающемъ льдѣ на высотѣ уровня моря 1 литръ сухого воздуха вѣситъ 1,293×981 динъ.

„До тѣхъ поръ,—говоритъ Біо,—пока физика не считалась опытной наукой, т.-е. до Галилея, господствовало мнѣніе, что нигдѣ въ пространствѣ не можетъ быть отсутствія вещества; это воззрѣніе выражали, говоря, что природа боится пустоты. Оттого фактъ поднятіе воды въ насосѣ при подъемѣ поршня объясняли тѣмъ, что поршень, поднимаясь вверхъ, стремится произвести пустоту въ трубѣ, но такъ какъ природа боится пустоты, то вода при этомъ быстро устремляется на смѣну уходящему поршню. Въ то время никому не приходилъ въ голову столь естественный вопросъ: какъ можно приписывать природѣ, которая вѣдь есть не что иное, какъ совокупность явленій, такія же чувства, какими одарены живыя существа? Какъ можно допустить, чтобы природа *боялась?*—Однажды флорентинскіе фонтанщики, построивъ очень высокій насосъ съ цѣлью поднять воду на бо̀льшую высоту, чѣмъ она обыкновенно поднималась ранѣе, замѣтили, что вода поднимается, однако же, лишь на высоту приблизительно 32 футовъ, что выше она никакъ не *хочетъ* идти. Пораженные этимъ происшествіемъ, рабочіе обратились за разъясненіемъ его къ Галилею. Послѣдній смѣясь надъ рабочими, отвѣчалъ, что природа, должно быть, боится пустоты лишь до высоты 32 футовъ.

„Безспорно, уже Галилей полагалъ, что описанное явленіе, какъ и другія, ему подобныя, суть лишь необходимое слѣдствіе того, что воздухъ обладаетъ вѣсомъ; но, очевидно, онъ не отваживался счесть рѣшеннымъ этотъ столь новый вопросъ и предпочелъ отдѣлаться отъ фонтанщиковъ вышеприведенной увerткой, оставивъ про себѣ свое истинное мнѣніе на этотъ счетъ. Такъ онъ и умеръ, не распространивъ его, и только его ученикъ Торичелли, путемъ чрезвычайно остроумнаго опыта, произведеннаго имъ въ 1643 г., самымъ нагляднымъ образомъ показалъ справедливость открытія, сдѣланнаго Галилеемъ".

Онъ взялъ стеклянную трубку въ 1 метръ длиною, закрытую съ одного конца, и наполнилъ ее ртутью; затѣмъ, заткнувъ пальцемъ открытый конецъ трубки, перевернулъ послѣднюю и погрузилъ ее въ чашку со ртутью. Какъ только онъ отнялъ палецъ, ртуть тотчасъ же опустилась въ трубкѣ и остановилась на высотѣ приблизительно 28 дюймовъ надъ уровнемъ ртути въ чашкѣ. Такъ какъ ртуть въ 13,5 разъ тяжелѣе воды при равномъ объемѣ, то давленіе воздуха, заставляющее воду подниматься на высоту 32 футовъ, должно поднимать ртуть на высоту, въ 13,5 раза меньшую, т.-е. на 28 дюймовъ. Въ опытѣ Торичелли, пространство между верхнимъ концомъ трубки и уровнемъ ртути въ послѣдней, очевидно, не было занято ничѣмъ,—здѣсь была пустота.

Фиг. 429.— Нормальный барометръ.

Фиг. 430.— Барометръ Гей-Люссака.

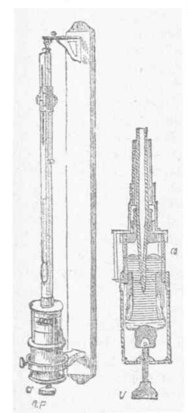
Если ртуть держится въ трубкѣ на извѣстной высотѣ надъ уровнемъ жидкости въ чашкѣ, то это зависитъ отъ давленія атмосфернаго воздуха на содержащуюся въ чашкѣ ртуть. Приборы, служащіе для измѣренія давленія газовъ вообще называются *барометрами*. Но обыкновенно приборы, при помощи которыхъ измѣряется давленіе какого-либо газа или пара, называютъ *манометрами*, оставляя названіе *барометровъ* исключительно для тѣхъ снарядовъ, посредствомъ которыхъ измѣряется давленіе атмосферы, знаніе котораго абсолютно необходимо для производства манометрическихъ наблюденій.

Барометръ и нынѣ устраивается такъ, какъ устраивалъ его Торичелли. Существенное условіе, которому долженъ удовлетворять хорошій барометръ, состоитъ въ томъ, чтобы пустота верхней части барометрической трубки была какъ можно болѣе совершенна; для этого трубка должна быть вполнѣ

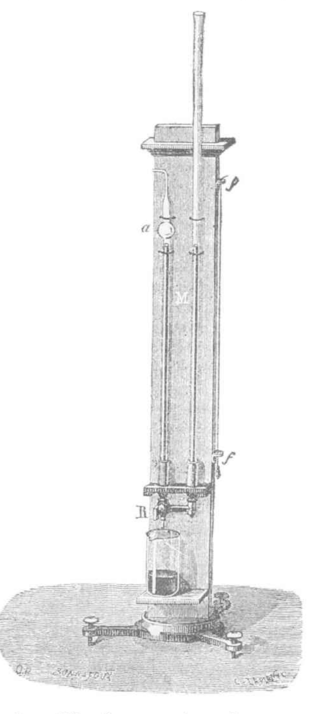
*) Грузъ въ 1000 динъ, падающій съ высоты 1000 сантиметровъ надъ поверхностью земли, производитъ, при своемъ паденіи, работу равную 1000×1000—1 милліону единицъ C.G.S. По мѣрѣ приближенія къ землѣ скорость паденія, а вмѣстѣ съ тѣмъ и кинетическая энергія быстро возрастаютъ.

одной стороны, грузомъ въ 1000 динъ, помѣщающемся на высотѣ 1000 сантиметровъ отъ земли, а съ другой—землею, обладаетъ потенціальной энергіей, равной 1 милліону эрговъ, превращающейся при паденіи тѣла въ кинетическую энергію. Понятно, что цѣнность всякаго двигателя опредѣляется его такъ-называемою *силой*, т.-е. величиной *работы*, которую онъ можетъ совершить въ единицу времени (одну секунду). Обыкновенно величина работы, имѣющаяся въ распоряже-

освобождена отъ воздуха и плотно пристающихъ къ ея стѣнкамъ водяныхъ паровъ. Берутъ обыкновенно трубку въ 1 метръ длиною и въ 3 сантиметра діаметромъ. Къ верхнему ея концу припаиваютъ боковую трубку, погруженную въ ртуть, очищенную кипяченіемъ. Воздухъ вытягиваютъ помощью ртутнаго насоса черезъ верхній вытянутый конецъ трубки, помѣщенный въ желѣзномъ футлярѣ и нагрѣваемый въ наклонномъ положеніи. По мѣрѣ того, какъ воздухъ постепенно разрѣжается ртуть капля за каплей падаетъ въ боковую трубку. Операція эта продолжается нѣсколько дней, но за то пространство, заключенное въ верхней части барометрической трубки, получается дѣйствительно совершенно пустое, не содержитъ ни малѣйшихъ слѣдовъ воздуха и водяныхъ паровъ. По окончаніи операціи вытянутый конецъ трубки отсѣкается и послѣдняя опрокидывается въ чашку со ртутью. Если желательно приготовить *нормальный барометръ* (*фиг.*429), т.-е. такой, показанія котораго можно было бы считать вполнѣ точными и по которымъ можно было бы повѣрять показанія другихъ барометровъ, то, наполнивъ барометрическую трубку ртутью по только-что изложенному способу, поступаютъ слѣдующимъ образомъ. На вертикальной доскѣ распологаютъ линейку съ дѣленіями и рядомъ съ линейкой помѣщаютъ барометрическую трубку, при помощи зрительной трубки, могущей вращаться около вертикальной оси, опредѣляютъ уровень ртути въ трубкѣ и, повернувъ трубку, замѣчаютъ соотвѣтствующее ему дѣленіе скалы. При помощи такой же зрительной трубки опредѣляютъ, какое дѣленіе линейки соотвѣтствуетъ верхнему острію винта, установленнаго рядомъ съ барометрической трубкой и касающагося нижнимъ своимъ остріемъ поверхности ртути въ чашкѣ. Разность полученныхъ чиселъ плюсъ длина винта и покажетъ барометрическую высоту. Точность такого барометра, если не принимать во вниманіе ошибокъ при производствѣ наблюденія, вполнѣ опредѣляется точностью употребляемой скалы. Для того, чтобы наблюденія, произведенныя при различныхъ условіяхъ и различными наблюдателями были сравнимы между собою, условились всякое показаніе барометра всегда приводить къ температурѣ таянія льда.



Фиг. 431.— Барометръ Фортэна.



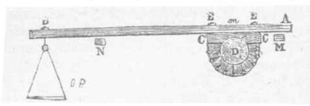
Фиг. 432.—Открытый (со свободнымъ воздухомъ) манометръ Реньо.

Такъ какъ среднее давленіе атмосферы при уровнѣ моря уравновѣшивается ртутнымъ столбомъ въ 76 сантиметровъ, то всякому газу, уравновѣшивающему, въ Парижѣ, такой же столбъ ртути, приписываютъ давленіе, равное давленію земной атмосферы, или какъ говорятъ, равное *одной атмосферѣ*.

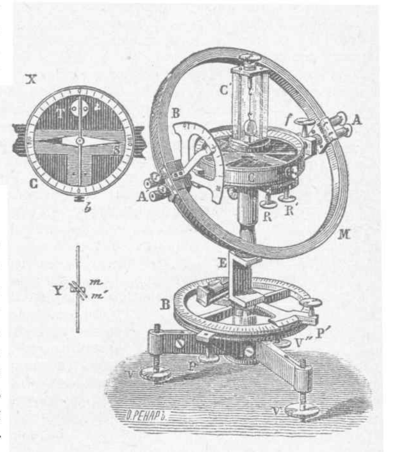
Нормальный барометръ представляетъ собою приборъ, неудобный для переноски и неупотребляющійся для обычныхъ опредѣленій. Для такихъ опредѣленій обыкновенно пользуются барометрами Гей-Люссака (*фиг* 430), Фортэна (*фиг.* 431) или настоящими динамометрами, извѣстными подъ названіемъ металлическихъ барометровъ. Для измѣренія значительныхъ давленій употребляютъ *манометры*, изъ которыхъ наиболѣе точнымъ является открытый (со свободнымъ воздухомъ) манометръ

ніи на валу двигательной машины, опредѣляется при помощи такъ-называемаго *тормаза Прони (фиг. 433)*, который, въ сущности, есть не что иное, какъ особый родъ вѣсовъ.

При изученіи электрическихъ явленій физику, кромѣ перечисленныхъ величинъ, приходится пользоваться еще и многими другими. Но очевидно, что при измѣреніи притяженія и отталкиванія между наэлектризованными тѣлами, магнитами, между токами и магнитами, или, наконецъ, между токами, всѣ электрическія или магнитныя величины могутъ быть сведены къ величинамъ механическимъ, т.-е. отнесены къ системѣ C.G.S. Къ послѣдней можно придти тѣмъ или инымъ путемъ, смотря потому, что̀ принять за точку отправленія. Мы вкратцѣ разсмотримъ единицы, принятыя на конгрессѣ 1881 года и употребляемыя нынѣ на всемъ земномъ шарѣ. Но предварительно нужно остановиться на нѣкоторыхъ уже извѣстныхъ намъ явленіяхъ и законахъ.



Фиг. 433.—Тормазъ Прони.



Фиг. 434.— Гальванометръ, или буссоль Пулльe.

Реньо (*фиг.* 432). Онъ состоитъ изъ двухъ вертикальныхъ стеклянныхъ трубокъ, укрѣпленныхъ на деревянной доскѣ M и вмастиченныхъ въ чугунный кранъ о трехъ ходахъ—K, посредствомъ котораго можно: или сообщить обѣ манометрическія трубки, такъ что ртуть выливаться не будетъ, или сообщить обѣ трубки одну съ другой и съ наружнымъ воздухомъ, или, наконецъ, сообщить съ наружной атмосферою каждую трубку отдѣльно. При первомъ положеніи крана давленіе газа выражается разностью уровней ртути въ обѣихъ трубкахъ, плюсъ барометрическая высота во время наблюденія. Помощью описаннаго прибора Реньо измѣрялъ давленіе въ 30 атмосферъ. Длиннымъ колѣномъ служило въ опредѣленіяхъ Реньо трубка, составленная изъ нѣсколькихъ тѣсно соединенныхъ между собою трехметровыхъ трубокъ, которыхъ стѣнки были толщиною въ 5 миллиметровъ, а внутренній діаметръ равнялся 10 миллиметрамъ. Манометръ былъ укрѣпленъ на еловой доскѣ, прибитой къ стѣнѣ въ башнѣ, принадлежащей зданію Французской коллегіи; но такъ какъ высота башни не болѣе 9 метровъ, то онъ продолжилъ ее толстой доской до 30 метровъ. Въ настоящее время на башнѣ Эйфеля установленъ манометръ, у котораго открытое колѣно достигаетъ высоты около 300 метровъ.

Въ индустріи открытые манометры не употребляются, благодаря ихъ громадности. Здѣсь употребляются манометры со сжатымъ воздухомъ. Такой манометръ представляетъ собою закрытую трубку, въ нижней части которой заключается ртуть, а надъ послѣднею—сухой воздухъ подъ давленіемъ одной атмосферы. Если трубка сообщается съ резервуаромъ, въ которомъ содержится газъ или паръ, обладающій давленіемъ (упругостью) одной атмосферы, то уровни ртути въ обоихъ колѣнахъ стоятъ на одной высотѣ; въ случаѣ же болѣе упругаго газа уровень ртути въ колѣнѣ, не сообщающимся съ резервуаромъ, стоитъ выше, чѣмъ въ другомъ. Градуированіе такихъ приборовъ производится по сравненію съ открытыми манометрами.

Часто пользуются металлическимъ манометромъ Бурдона (*фиг.* 402). Онъ состоитъ изъ тонкостѣнной мѣдной трубки съ овальнымъ сѣченіемъ. Закрытый конецъ трубки соединенъ въ *b* со стрѣлкою, движущеюся по циферблату, открытый же конецъ посредствомъ крана *d* сообщается съ пріемникомъ, содержащимъ какой-нибудь газъ или паръ. Смотря по величинѣ упругости того газа, который сообщается съ трубкой и давитъ на стѣнки послѣдней, эта трубка свертывается еще болѣе (при упругости, большей одной атмосферы) или же развертывается (при упругости, меньшей одной атмосферы). И этотъ приборъ градуируется по открытому манометру.

На этомъ же началѣ основанъ и металлическій барометръ Бурдона. Но здѣсь изъ трубки воздухъ вытянутъ, и закривленіе или разгибаніе ея производится уже давленіемъ на стѣнки внѣшней атмосферы.

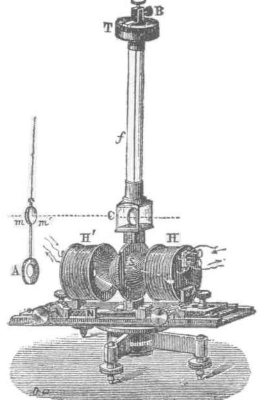
Мы знаемъ, что количество электролита, разложенное въ вольтаметрѣ за извѣстный промежутковъ времени, будетъ совершенно одинаково, гдѣ-бы на протяженіи цѣпи вольтаметръ ни былъ помѣщенъ. Точно такъ же и стрѣлка гальванометра *) введеннаго въ данную цѣпь, отклоняется всегда на одинъ и тотъ же

Паскаль и Перье показали въ 1648 году, что давленіе атмосферы при увеличеніи высоты надъ уровнемъ моря уменьшается. Это впослѣдствіи подтвердили и другіе ученые, поднимавшіеся на высокія горы, наприм., Соссюръ, всходившій на Монбланъ въ 1788 г. и Гумбольдтъ, производившій свои наблюденія на вершинахъ Кордильеръ. Еще поучительнѣе въ этомъ отношеніи оказались результаты, добытые при воздушныхъ путешествіяхъ, совершенныхъ съ научной цѣлью. Первый, производившій подобныя наблюденія, былъ Робертсонъ, поднявшійся въ 1803 г. на высоту 7400 метровъ. Біо и Гей-Люссакъ поднялись на 7000 метровъ; Глешеръ и Коксуэлль 15-го сентября 1862 г. поднялись на 8838 метровъ; 15-го апрѣля 1875 г. Тисандье, Сивель и Кроче-Спинелли достигли на аэростатѣ *Зенитъ* высоты 8600 метровъ; послѣдніе двое поплатились жизнью за это путешествіе. На этой высотѣ барометръ показывалъ всего только 26 сантиметровъ.

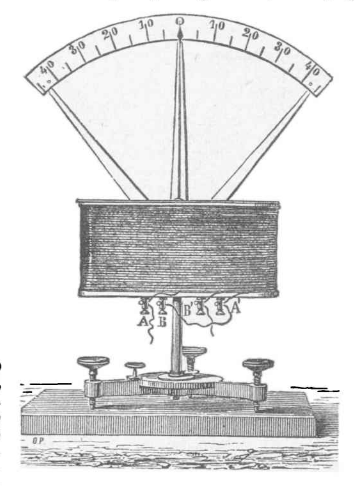
Изъ предыдущаго видно, что упругость одного и того же газа въ различныхъ случаяхъ бываетъ различна. Оттого, сравнивая между собою результаты наблюденій надъ тѣми или иными газами, всегда необходимо знать величину ихъ упругости во время наблюденія. Маріоттъ установилъ приблизительный, но простой законъ, выражающій отношеніе упругости всякаго газа къ занимаемому имъ объему. По этому закону, *для одной и той же массы газа объемъ обратно пропорціоналенъ упругости*; такъ, наприм., при уменьшеніи упругости вдвое, объемъ увеличивается вдвое.

*) Принципъ *гальванометровъ* былъ уже указанъ нами на стр. 78; здѣсь мы опишемъ наиболѣе употребительные изъ названныхъ приборовъ. Въ гальванометрѣ, или буссоли Пулье (*фиг.* 434) проволока, по которой проходитъ электрическій токъ, намотана на деревянную рамку AA. Около вертикальной оси, проходящей черезъ центръ этой рамки, по круговой горизонтальной скалѣ C движется магнитная стрѣлка; уголъ поворота системы M опредѣляется помощью алидады P′, движущейся по раздѣленному кругу одновременно съ этой системой. Вполнѣ вертикальная установка рамы M производится при помощи винтовъ V.

Въ гальванометрѣ Видмана (*фиг.* 435) токи пропускаются



Фиг. 435.— Гальванометръ Видмана.

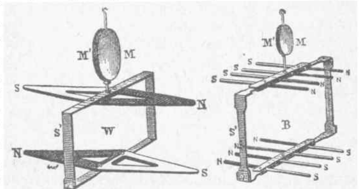


Фиг. 436.—Гальванометръ Бурбуза для обычныхъ наблюденій.

въ двѣ катушки H и H′, которыя можно приблизить или удалить одну отъ другой, благодаря поддерживающимъ ихъ салазкамъ. Магнитный указатель A, имѣющій круглую форму, помѣщается внутри полаго мѣднаго шара S, назначеніе котораго – погашать возбуждающимися въ немъ индуктивными токами качанія стрѣлки (указателя). Послѣдняя несетъ на себѣ, помѣщенное въ стеклянной камерѣ C зеркальце *mm′*, посредствомъ котораго, по методѣ Поггендорфа, опредѣляются отклоненія стрѣлки, и подвѣшена въ B, на нити *f*. Поддержка B можетъ вращаться надъ раздѣленнымъ кружкомъ T. Три ножки прибора также снабжены установочными винтами. Въ гальванометрѣ д'Арсонваля стрѣлка имѣетъ подковообразную форму. Бурбузъ устроилъ гальванометръ, въ которомъ длинная стрѣлка, движущаяся по круговой скалѣ, качается подобно ножу у вѣсовъ. Полюсы электровозбудителя соединяются съ борнами A и B′.

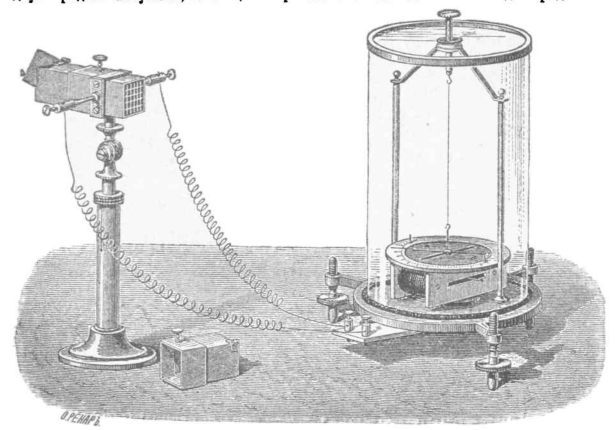
уголъ, каково бы ни было положеніе гальванометра въ цѣпи. Производя подобныя наблюденія надъ различными токами, мы убѣждаемся въ томъ, что вѣсъ разложеннаго электролита измѣняется въ одномъ направленіи съ угломъ отклоненія стрѣлки: оба увеличиваются и уменьшаются при однихъ и тѣхъ условіяхъ. Тотъ и другой, очевидно, опредѣляются *силою* тока, и потому могутъ служить мѣриломъ для сравненія силъ различныхъ токовъ, какъ бы ни представляли себѣ ближайшую сущность электрическаго тока.

Для того, чтобы уничтожить или, по крайней мѣрѣ, ослабить въ значительной степени дѣйствіе *земного* магнитнаго поля на стрѣлку гальванометра, чтобы сдѣлать послѣдній достаточно чувствительнымъ, приготовляютъ не простую магнитную стрѣлку, а какъ говорятъ, *астатичную*, т.-е. состоящую изъ двухъ параллельныхъ между собою стрѣлокъ обращенныхъ одноименными полюсами въ противоположныя стороны. На фигурѣ 437 въ W изображена такая астатичная система. По перемѣщенію луча, отражаемаго зеркаломъ MM′, судятъ о величинѣ отклоненія стрѣлки. Въ B мы видимъ астатическую систему, состоящую изъ восьми стрѣлокъ, обращенныхъ—четыре въ одну и четыре въ противоположную сторону. Въ гальванометрѣ Нобили (*фиг.* 438) астатическая система привѣшенная на нити къ винту, помѣщающейся въ верхней части прибора, состоитъ изъ двухъ стрѣлокъ, изъ которыхъ одна движется внутри катушки, а другая — внѣ послѣдней, надъ мѣднымъ кружкомъ, служащимъ для успокоиванія колебательныхъ движеній стрѣлки. Этотъ приборъ отличается большой чувствительностью.



Фиг. 437.— Астатическія системы магнитныхъ стрѣлокъ.

Въ гальванометрѣ Томсона (*фиг.* 439) каждая изъ стрѣлокъ или системъ стрѣлокъ движется внутри двухъ рядовъ катушекъ, имѣющихъ противоположныя обмотки. Каждый рядъ состоитъ изъ

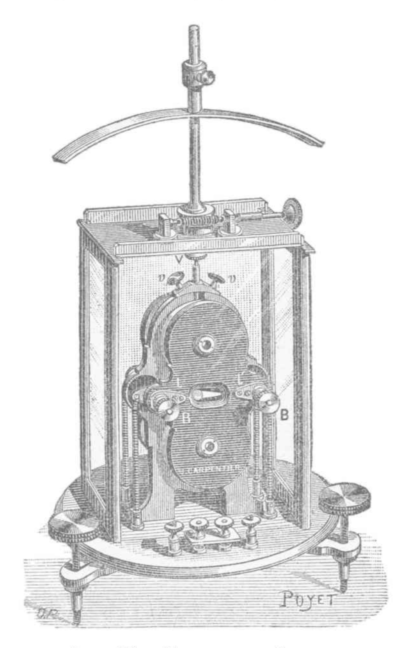


Фиг. 438.— Гальванометръ Нобили, введенный въ цѣпь термоэлектрическаго столбика (баттареи) Меллони.

двухъ катушекъ, укрѣпленныхъ въ эбонитовой оправѣ при помощи винтовъ B, B′. Успокоеніе производится треніемъ аллюминіевой стрѣлки о частицы воздуха. Дугообразный магнитъ, могущій передвигаться по вертикальному стержню, позволяетъ уравновѣсить, компенсировать, какъ говорятъ, дѣйствіе земного магнитнаго поля на стрѣлки. Къ алюминіевой стрѣлкѣ прикрѣплено зеркальце. Описанный приборъ весьма совершененъ и пригоденъ для самыхъ разнообразныхъ наблюденій.

Гальванометръ Депре и д'Арсонваля (фиг. 440) представляетъ ту замѣчательнвю особенность, что въ немъ магнитъ неподвиженъ, а движется проходимая токомъ катушка, которая подвѣшена на проволокѣ, служащей для входа и выхода тока; если эта проволока свернута въ видѣ пружины, то приборъ, какъ показалъ Эрикъ Жераръ, дѣйствуетъ правильнѣе.

Измѣривъ, при помощи вольтаметра (см. стр. 277) силу какого-нибудь тока, проходящаго по мѣдной проволокѣ, имѣющей одинаковую толщину на всемъ своемъ протяженіи, и погрузивъ въ калориметръ опредѣленную часть проволоки, увидимъ, что вода въ послѣднемъ нагрѣется. По способу, указываемому ниже, легко опредѣлить количество теплоты, число калорій, сообщенное токомъ испытуемой части проводника и переданное послѣднею калориметру. Повторяя указанный опытъ съ различными токами, Джауль нашелъ, что если силы токовъ относятся между собою, какъ числа: 1, 2, 3...., то количество развиваемой на



Фиг. 439.— Гальванометръ Томсона.

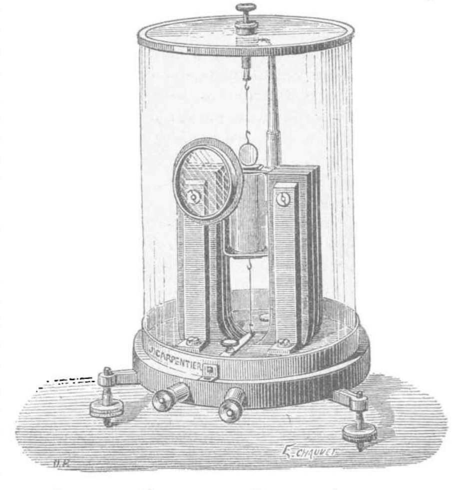
проводникѣ теплоты относятся, какъ: 1, 4, 9...., т.-е. какъ квадраты чиселъ: 1, 2, 3.... Если теперь въ томъ же опытѣ станемъ измѣнять размѣры вводимой въ калориметръ проволоки, то убѣдимся, что, если длина проволоки больше вдвое, втрое и т. д., то количество теплоты возрастаетъ вдвое, втрое и т. д.,

---

Если въ томъ или иномъ изъ подобныхъ снарядовъ замѣнить магнитъ токомъ, т.-е. надлежащимъ образомъ расположить другъ возлѣ друга два тока—двѣ катушки, изъ которыхъ одна подвижна, а другая неподвижна, то получимъ приборъ, извѣстный подъ названіемъ *электродинамометра*. Въ электродинамометрѣ Пелла (*фиг.* 441) малая катушка сидитъ на одномъ концѣ коромысла вѣсовъ, къ другому концу котораго привѣшена чашка. На послѣдней уравновѣшивается дѣйствіе большой катушки на малую, т.-е. стремленіе взаимно-перпендикулярныхъ осей обоихъ катушекъ сдѣлаться параллельными одна другой.

Дѣйствіе токовъ при гальванометрическихъ измѣреніяхъ уравновѣшивается или направляющимъ дѣйствіемъ земного магнитнаго поля, или силой крученія нити, на которой подвѣшена стрѣлка, Въ нѣкоторыхъ гальванометрахъ, какъ, наприм., въ буссоли Пулье магнитное поле (т.-е. поле тока) въ мѣстѣ помѣщенія стрѣлки дѣлается однороднымъ; тогда дѣйствіе тока на стрѣлку, т.-е. сила тока, можетъ быть выражено въ *абсолютныхъ* единицахъ.

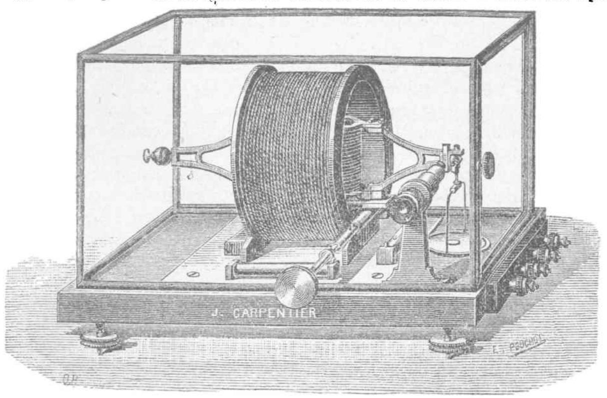
и, наоборотъ, уменьшается въ такомъ же отношеніи, при увеличеніи площади сѣченія вдвое, втрое и т. д. Наконецъ, количество выдѣляемой теплоты зависитъ и отъ вещества проводника: такъ, для серебра оно меньше, чѣмъ для мѣди и еще меньше, чѣмъ для желѣза. Коротко сказать, количество освобожденной теплоты обратно пропорціонально площади сѣченія проволоки s и прямо пропорціонально длинѣ проволоки l и нѣкоторому коэффиціенту k, характеризующему вещество проводника *).



Фиг. 440.— Гальванометръ Депре и д'Арсонваля.

Постоянный для данной проволоки множитель $k\frac{l}{s}$, который эта проволока вводитъ въ выраженіе количества теплоты, сообщенной ей токомъ, называется *сопротивленіемъ* проволоки электрическому току. Коэффиціэнтъ k называется удѣльнымъ сопротивленіемъ вещества; онъ выражаетъ сопротивленіе единицы длины при единицѣ сѣченія.

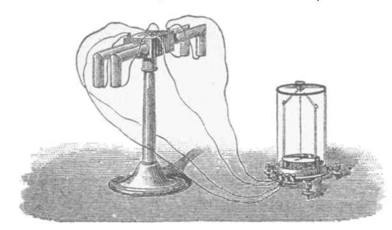
О сопротивленіи проволоки току говорятъ по аналоіги съ сопротивленіемъ, оказываемымъ трубкою протеканію по ней жидкости. Извѣстно, что при равномѣрномъ теченіи жидкости по трубкѣ, черезъ каждое сѣченіе послѣдней за одинъ и тотъ же промежу-



Фиг. 441.— Электро-динамометръ Пеллà (малый образецъ).

токъ времени проходитъ одно и то же количество жидкости; съ другой стороны, вслѣдствіе тренія о стѣнки трубки, представляющаго для теченія извѣстное сопротивленіе, жидкость нагрѣвается. Уподобляя электричество жидкости, а электрическій токъ—теченію жидкости по трубкѣ, легко понять, что вѣсо-

вое количество электролита, разложенное за извѣстное время, а также показанiе гальванометра должны быть одни и тѣ же для всякаго положенiя вольтаметра и гальванометра на протяженiи цѣпи, такъ какъ черезъ всякое сѣченiе проволоки за одно и то же время проходитъ одно и то же количество электричества (предполагается, что скопленiя послѣдняго не можетъ образоваться нигдѣ на протяженiи цѣпи); вмѣстѣ съ тѣмъ становится понятнымъ, что нагрѣванiе проводника происходитъ вслѣдствiе тренiя электричества о частицы проводника, т.-е. представляетъ результатъ работы, затрачиваемой электричествомъ на преодолѣнiе сопротивленiя току. Очевидно, что болѣе длинный проводникъ обусловливаетъ и большее тренiе въ случаѣ же болѣе толстаго, тренiе, напротивъ того, меньше, благодаря тому, что въ проводникѣ большей вмѣстимости движенiе электричества совершается свободнѣе. Но величина тренiя совершенно не зависитъ отъ направленiя тока; при противоположныхъ направленiяхъ одинъ и тотъ же токъ производитъ совершенно одинаковыя тепловыя и свѣтовыя дѣйствiя; такимъ образомъ, будетъ также безразлично, возьмемъ ли мы токъ прямой или перемѣнный (альтернативный). Наконецъ, если разсматривать электрическiй токъ, какъ циркулированiе электричества въ проволокѣ, то силу, или величину I тока мы должны представлять себѣ какъ количество электричества, протекающее черезъ любое сѣченiе проволоки въ теченiе единицы времени тогда количество электричества Q, доставленное какимъ-нибудь электропроизводителемъ въ теченiе t единицъ времени будетъ равно It.



Фиг. 442.— Термо-электрическiя пары Пуллье въ соединенiи съ гальванометромъ Нобили.

Такъ какъ всякое количество теплоты можетъ быть выражено въ единицахъ энергiи, то вмѣсто теплоты, выдѣленной въ проводникѣ можно взять соотвѣтствующую ей энергiю. Если, такимъ образомъ, черезъ W обозначимъ энергiю, переданную данному проводнику въ теченiе времени t токомъ, сила котораго равна I, то, согласно предъидущему, сопротивленiе R проводника должно быть таково, что $W=RI^2t$.

Опытъ показываетъ, что жидкiе проводники, заключенные въ стеклянныхъ сосудахъ, относятся къ выдѣляемой въ нихъ теплотѣ совершенно такъ же, какъ твердыя тѣла, если за сѣченiе жидкаго проводника принять площадь электродовъ, служащихъ для входа и выхода тока. Въ частности, сопротивленiе жидкостей въ гальванической батареѣ, или, какъ говорятъ, внутреннее сопротивленiе цѣпи уменьшается вдвое при увеличенiи площади электродовъ въ два раза или при уменьшенiи въ столько же разъ разстоянiя между электродами.

Мы видѣли переходъ электричества въ теплоту. Теперь разсмотримъ обратное явленiе—превращенiе теплоты въ электричество. Снаряды, въ которыхъ такое превращенiе совершается непосредственно, и въ которыхъ внутреннее сопротивленiе цѣпи равно нулю, называются *термоэлектрическими элементами*. Подобный снарядъ впервые устроилъ Зеебекъ въ 1823 г. Элементъ, которымъ пользовался Пуллье для своихъ знаменитыхъ опытовъ, состоялъ изъ толстаго бруска висмута (*фиг.* 442), согнутаго подъ прямымъ угломъ на обоихъ концахъ, къ которымъ были припаяны широкiя мѣдныя пластинки. Если изъ двухъ спаевъ одинъ погруженъ, положимъ, въ кипящую воду, а другой въ тающiй ледъ, то въ проволокѣ, соединяющей оба спая, мы получимъ электрическiй токъ, идущiй отъ висмута къ мѣди черезъ горячiй спай. Сила термоэлектрическаго тока не измѣняется, пока не измѣняются температуры спаевъ. Если въ составъ элемента входитъ толстый брусокъ висмута, то на практикѣ его сопротивленiемъ

(внутреннимъ сопротивленіемъ цѣпи) можно пренебречь и принять, что вся энергія электропроизводителя расходуется во внѣшней цѣпи. Если это такъ, то, помѣстивъ внѣшнюю цѣпь въ калориметрѣ, найдемъ, что при силѣ тока, равной I и сопротивленіи цѣпи R, количество освобожденной за время t энергіи $W=RI^2t$; при иномъ сопротивленіи—R', т.-е. въ другой проволокѣ выдѣлится энергія $W=R'I'^2t$ и т. д. Найдя числовыя величины для произведеній RI, R'I', R''I''...., сопротивленій на силы тока, убѣдимся, что такое произведеніе для даннаго электропроизводителя есть величина постоянная; обозначая эту постоянную величину черезъ E, будемъ имѣть: $E=RI$, откуда $I=\frac{E}{R}$. Въ этомъ и состоитъ такъ-называемый *законъ Ома* *); точность и важность этого закона установлена трудами Пуллье.

Величина E, характеризующая данный элементъ и остающаяся неизмѣнною, какую бы проволоку мы ни взяли, называется *электродвижущею силою* элемента. Будетъ ли кусокъ висмута длиннѣе или короче, будетъ ли онъ спаянъ съ мѣдью въ нѣсколькихъ мѣстахъ или въ одномъ, E остается одной и той же. Измѣнится она только въ томъ случаѣ, если вмѣсто висмута съ мѣдью взять какую-нибудь иную пару металловъ или же сообщить спаямъ иныя температуры.

Если мы обратимся къ обыкновеннымъ гальваническимъ элементамъ, содержащимъ жидкости и потому также называемымъ *гидроэлектрическими*, то найдемъ то же самое, хотя и не въ столь простомъ видѣ, благодаря тому, что здѣсь внутреннимъ сопротивленіемъ уже нельзя пренебречь. Устроивъ, наприм., два элемента Даніэля (см. стр. 75)—одинъ величиною съ наперстокъ, а другой — съ бочку, и замкнувъ тотъ и другой однородной проволокой, найдемъ, что произведеніе полного сопротивленія цѣпи на полученную силу тока одно и то же для обоихъ элементовъ: это произведеніе характеризуетъ лишь природу тѣхъ металловъ и жидкостей, изъ которыхъ состоитъ элементъ *). Опытъ показываетъ, что при соединеніи элементовъ въ рядъ (послѣдовательно) ихъ электродвижущія силы складываются. На фигурѣ 443 изображена батарея изъ многихъ расположенныхъ въ рядъ термоэлектрическихъ элементовъ. Горячіе спаи занимаютъ внутреннюю часть снаряда. Въ томъ случаѣ когда одно группа элементавъ расположена противоположно другой группѣ, электродвижущія силы должны вычитаться.

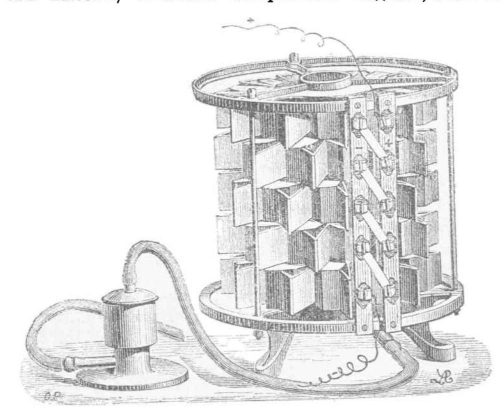
Естественно будетъ спросить, почему величина E названа электродвижущей силой. Разсматривая электрическій токъ какъ циркулированіе электричества, мы должны представлять себѣ и причину, приводящую электричество въ движеніе; и такъ какъ причину, приводящую въ движеніе какое либо тѣло мы привыкли называть силою, то, уподобляя электричество матеріальному тѣлу—жидкости, мы можемъ причину электрическаго тока называть электродвижущею силою. Разсмотримъ это уподобленіе поближе. Если вѣрно, что тѣло падаетъ въ силу своего вѣса, то не менѣе вѣрно и то, что паденіе возможно лишь благодаря существованію извѣстной разности уровня между положеніемъ тѣла и высотой поверхности земли. Оттого мы можемъ сказать, что вѣсъ и разность уровня одинаково необходимы для паденія; и, конечно, это именно и суть факторы энергіи.

По отношенію къ электрическому току роль разности уровня выполняетъ электродвижущая сила, а роль вѣса—количество циркулирующаго электричества.

Въ самомъ дѣлѣ, согласно закону Джауля, W (энергія, развиваемая въ t единицъ времени)$=RI^2t$, или $W=RI.It$, гдѣ R есть полное сопротивленіе цѣпи, а I сила тока. Но такъ какъ количество пробѣжавшаго въ цѣпи электричества равно произведенію силы тока на время, въ теченіе котораго токъ проходилъ, т.-е. такъ какъ $Q=I.t$, то $W=RI.Q$. Замѣтивъ, что $RI=E$, найдемъ: $W=EQ$.

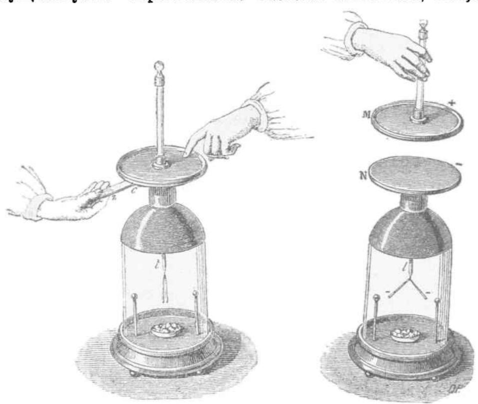
Это значитъ, что на совершеніе Q единицами электричества одного оборота по цѣпи затрачивается энергія, равная произведенію Q на электродвижущую силу доставляющаго токъ источника, откуда слѣдуетъ, что E есть энергія, потребная для такого же перемѣщенія одной единицы электричества.

Если тѣло вѣсомъ въ P падаетъ съ высоты H, то развиваемая паденіемъ энергія W=H.P. Какъ энергія, развиваемая при паденіи одного и того же тѣла въ нѣсколькихъ различныхъ случаяхъ, зависитъ, каждый разъ, единственно отъ высоты, съ какой совершается паденіе, такъ въ случаѣ электрическаго тока, энергія, соотвѣтствующая перемѣщенію даннаго количества электричества **вдоль** опредѣленной цѣпи зависитъ **единственно** отъ электродвижущей силы источника. Смотря по тому, велика или мала послѣдняя, токи, производимые ею, называются токами *высокаго* или *низкаго давленія*.



Фиг. 443.— Термо-электрическая баттарея Кламона.

Обратимся къ другому сравненію. Когда вода вытекаетъ изъ резервуара, въ которомъ высота жидкости, путемъ постояннаго подливанія, поддерживается **неизмѣнною**, то черезъ любое сѣченіе трубки, въ теченіе даннаго промежутка времени, будетъ проходить одно и то же количество жидкости; это количество есть производительность или *сила истеченія*. Съ другой стороны, въ каждой точкѣ существуетъ опредѣленное *давленіе жидкости*, возрастающее по направленію тока послѣдней; это давленіе для данной точки будетъ одно и то же въ случаѣ широкой или узкой трубки, но оно возрастаетъ по мѣрѣ увеличенія наклоненія трубки къ горизонту. Такимъ образомъ, сила зависитъ отъ сѣченія трубки, а давленіе тока отъ ея наклоненія къ горизонту: чѣмъ это послѣднее больше, тѣмъ больше давленіе. Но при одномъ и томъ же давленіи сила можетъ быть больше или меньше, смотря по тому, велико или мало сѣченіе трубки. Сила истеченія жидкости можетъ быть уподоблена силѣ электрическаго тока, а **давленіе жидкости** — электродвижущей силѣ цѣпи.



Фиг. 444.— Электроскопъ-конденсаторъ Вольты. M, N—конденсаторъ; t—золотые листочки.

Если въ единицу времени изъ резервуара вытекаетъ P вѣсовыхъ единицъ воды, то въ t единицъ черезъ любое сѣченіе данной трубки пройдетъ, очевидно, Pt, а энергія, соотвѣтствующая паденію этой жидкости съ высоты H, будетъ

равна PH. *t*. При паденіи жидкости на колесо гидравлическаго двигателя, мы въ единицу времени будемъ располагать энергіей PH. Это—такъ-называемая *рабочая сила* (механическій эффектъ двигателя).

Подобно этому энергія, доставляемая въ единицу времени какимъ-нибудь электровозбудителемъ, равна E I. Произведеніе E I выражаетъ рабочую силу электровозбудителя. Эта рабочая сила можетъ быть также выражена числомъ $\frac{E^2}{R}$, т.-е. частнымъ отъ раздѣленія квадрата электродвижущей силы на сопротивленіе, такъ какъ, по закону Ома, $I=\frac{E}{R}$.

При незамкнутой цѣпи электродвижущая сила системы производитъ иныя дѣйствія. Такъ, соединеніемъ полюсовъ электровозбудителя съ обкладками конденсатора, произведемъ разряженіе послѣдняго. Будемъ производить подобный опытъ помощью электроскопа съ конденсаторомъ (*фиг.* 444). Какъ только мы отнимемъ верхній кругъ конденсатора, тотчасъ же разойдутся золотые листочки, прикрѣпленные къ нижнему кругу. Если одинъ изъ этихъ листочковъ коснется какого-нибудь металлическаго стержня, находящагося въ сообщеніи съ землей, то онъ уступитъ стержню свой зарядъ; очевидно, что всякому такому прикосновенію соотвѣтствуетъ потеря кругомъ одного и того же количества электричества; поэтому число прикосновеній, потребное для полнаго разряженія круга, можетъ служить мѣрой того количества электричества, какое доставляетъ данный источникъ. Тотъ же опытъ убѣждаетъ, что заряды конденсаторовъ пропорціональны электродвижущимъ силамъ употребляемыхъ для заряженія генераторовъ *).

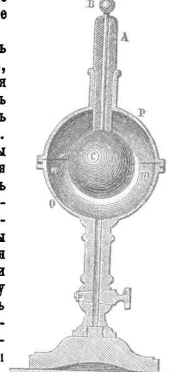
Если Q обозначаетъ зарядъ, а E—электродвижущую силу источника, то Q=CE. Величина C зависитъ отъ формы и размѣровъ конденсатора; это такъ-называемая *электроемкость* (электрическая емкость) снаряда; она увеличивается при увеличеніи площади конденсатора или при уменьшеніи толщины окружающаго слоя **).

Въ такомъ видѣ представляются соотношенія между электрическими величинами, если силу тока измѣрять при помощи вольтаметра. Система же, принятая конгрессомъ 1881 года, исходитъ изъ иныхъ основаній. Прежде всего была установлена *единица* C.G.S. *количества* сѣвернаго магнитизма. За такую

---

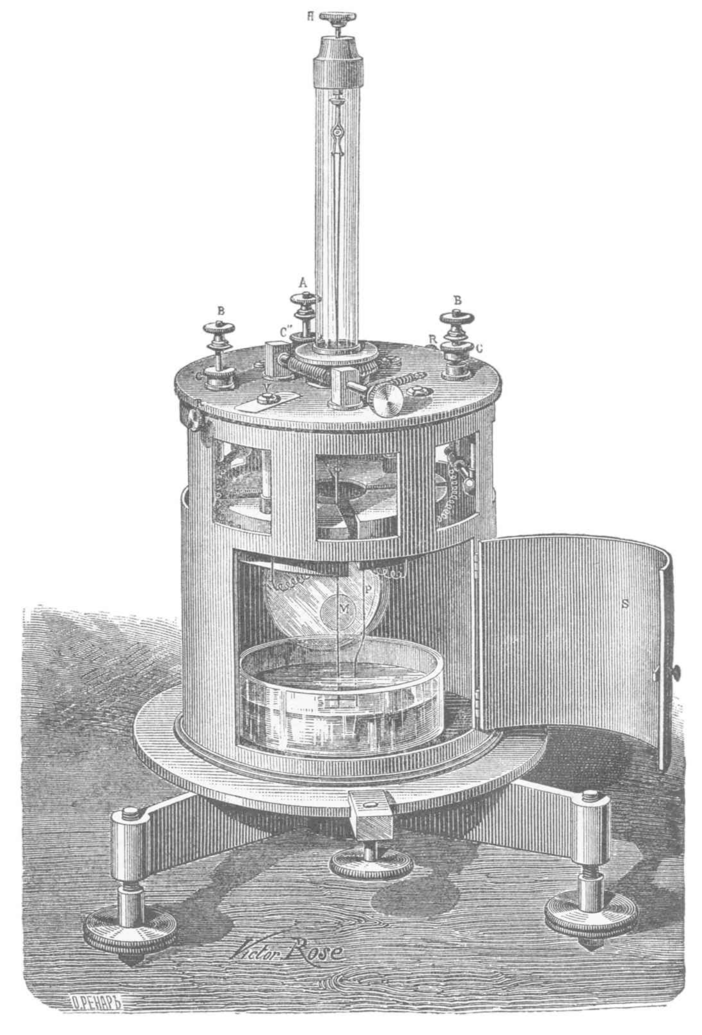
*) Наполнивъ сѣрою промежутокъ между обкладками P и C сферическаго конденсатора (*фиг.* 445), Фарадей замѣтилъ, что емкость конденсатора вслѣдствіе этого увеличилась. Но уже Кавендишъ въ 1771 г. установилъ вліяніе природы изолятора на характеръ электрическихъ явленій.

) Такъ какъ расхожденіе листочковъ электроскопа (*фиг.* 444) тѣмъ больше, чѣмъ больше *электродвижущая* сила заряда, то, электроскопъ, понятно, можетъ быть градуированъ такимъ образомъ, чтобъ онъ обратился въ приборъ, прямо показывающій электродвижущую силу заряда, т.-е. въ *электрометръ***. Мы опишемъ здѣсь лишь наиболѣе употребительный изъ такихъ приборовъ, именно квадрантъ-электрометръ Томсона (*фиг.* 446). Подвижной частью здѣсь служитъ алюминіева стрѣлка въ формѣ цифры 8, привѣшенная къ винту H на двухъ нитяхъ. Стрѣлка можетъ двигаться между четырьмя секторами металлической коробки, разрѣзанной по двумъ взаимно перпендикулярнымъ діаметрамъ. Упомянутые секторы удерживаются стеклянными столбиками, прикрѣпленными къ крышкѣ ящика, въ которой заключены важнѣйшія части аппарата. Противоположные секторы (квадранты) попарно соединены между собою помощью проволоки; каждая пара соединена съ однимъ изъ двухъ изолированныхъ столбиковъ, или борнъ B и B′; столбикъ A сообщается со стрѣлкой. Показывающее величину отклоненія зеркальце находится въ M за стекломъ P; оно прикрѣплено къ проволокѣ, нижній конецъ которой погруженъ въ чашку съ сѣрной кислотой; концы прикрѣпленныхъ къ проволокѣ поперечныхъ прутиковъ своимъ треніемъ о жидкость погашаютъ колебанія аллюминіевой стрѣлки. При помощи описаннаго снаряда (о дѣйствіи и способахъ употребленія котораго мы здѣсь не будемъ говорить) легко опредѣлить какъ полную электродвижущую силу даннаго источника, такъ и электродвижущую силу между какими-нибудь точками на протяженіи соотвѣтствующей ему цѣпи.



Фиг. 445.— Конденсаторъ Фарадея.

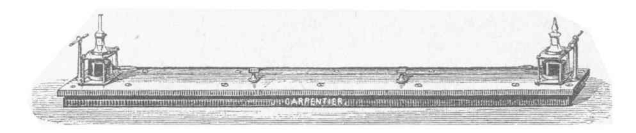
единицу было принято то количество магнитизма, какое должны имѣть два одинаковыхъ сѣверныхъ полюса, находящихся на разстояніи 1 сантиметра одинъ



Фиг. 446.— Квадрантъ-электрометръ Томсона.

отъ другого для того, чтобы взаимно отталкиваться съ силою 1 дины. Затѣмъ, на основаніи найденныхъ Біо и Саваромъ законовъ электромагнитныхъ дѣй-

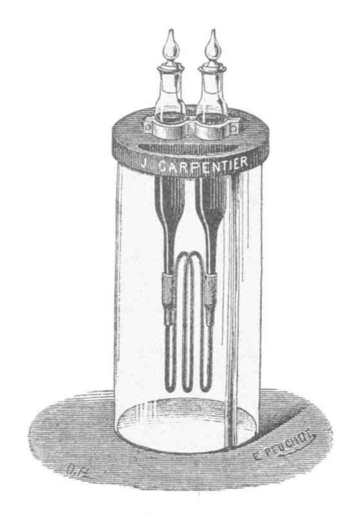
ствій, за *единицу* C.G.S. *силы тока* былъ принятъ такой токъ, который пробѣгая по круговому проводнику съ радіусомъ въ 1 сантиметръ, отталкиваетъ полюсъ, помѣщенный въ центрѣ окружности съ силою. Отсюда, принимая во вниманіе законъ Джауля, заключаемъ, что *единицей* C.G.S. *сопротивленія* должно быть сопротивленіе такого проводника, на которомъ токъ, равный единицѣ C.G.S., развиваетъ въ 1 секунду количество теплоты, эквивалентное 1 эргу. Далѣе, на основаніи закона Ома, за *единицу электродвижущей силы* была принята электродвижущая сила такого источника, который производитъ токъ въ единицу силы, при сопротивленіи въ одну единицу.



Фиг. 447.— Эталонъ законнаго ома (копія).

Изъ формулы $Q=It$ слѣдуетъ, что *единица заряда* (количества) есть такое количество,—которое въ 1 секунду проходитъ чрезъ сѣченіе проводника, по которому идетъ токъ, имѣющій силу одной единицы.

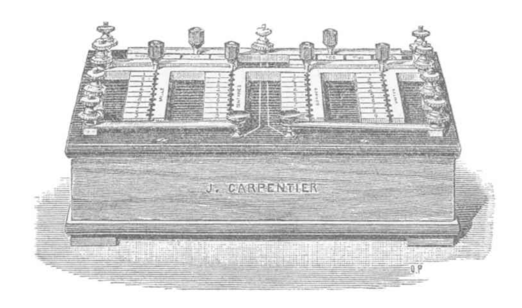
Наконецъ, *единица емкости* есть емкость такого конденсатора, который при электродвижущей силѣ источника, равной единицѣ, принимаеъ зарядъ въ единицу.



Фиг. 448.— Эталонъ сопротивленія.

Но въ виду того, что однѣ изъ перечисленныхъ единицъ C.G.S. слишкомъ малы, а другія чрезвычайно велики, въ практикѣ за электрическія единицы принимаются нѣсколько величинъ, кратныхъ соотвѣтствующихъ теоретическихъ единицъ C.G.S., и нѣсколько такихъ, которыя въ соотвѣтствующихъ

единицахъ C.G.S. содержатся множителемъ извѣстное число разъ. Такъ вмѣсто чрезвычайно малой единицы C.G.S. сопротивленія въ практикѣ пользуются единицей въ тысячу милліоновъ (1.000.000.000=10^3) разъ большею,—такъ-называемымъ *омомъ*. Это сопротивленіе, какъ показываютъ многочисленныя изслѣдованія, весьма близко къ сопротивленію столба ртути въ 106 сантим. длины и 1 квадратный миллиметръ сѣченія; при температурѣ таянія льда (т.-е. при 0^0); такое сопротивленіе названо *легальнымъ* (законнымъ) *омомъ* (*фиг.* 447); послѣдній по отношенію къ измѣренію сопротивленія играетъ ту же роль, какъ метръ въ измѣреніи длины т.-е. служитъ эталономъ. Трубкѣ, въ которой помѣщается ртутный столбъ, служащій эталономъ, обыкновенно придаютъ многоколѣнчатую форму, чѣмъ достигается возможно меньшая громоздкость снаряда. Такъ-называемые *ящики сопротивленій* суть не что иное, какъ надлежащимъ образомъ расположенные ряды спиралей, сопротивленіе которыхъ заранѣе опредѣлено въ омахъ. Для введенія въ цѣпь сопротивленія всѣхъ катушекъ вынимаютъ штепсели за изолирующія (эбонитовыя) головки. Если ряды катушекъ помѣчены единицами, десятками, сотнями и тысячами, то любое число омовъ вводится въ цѣпь при помощи пріема, сходнаго съ тѣмъ, какой мы употребляемъ, изображая соотвѣтствующее число цифрами.



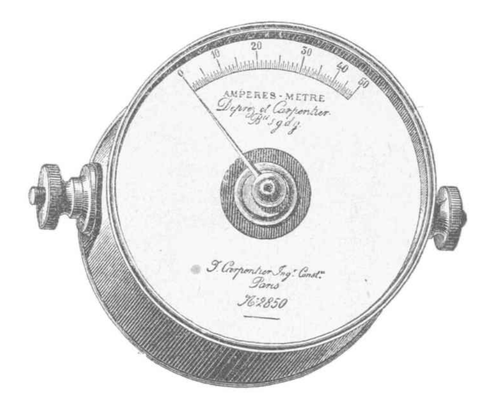
Фиг. 449.— Ящикъ сопротивленій.

Подобно единицѣ сопротивленія, и единица C.G.S. электродвижущей силы есть величина чрезвычайно малая; поэтому въ практикѣ за единицу электродвижущей силы принимается величина, въ сто милліоновъ (10^8) разъ большая; это такъ называемый *вольтъ*. Къ этой единицѣ весьма близко подходитъ электродвижущая сила одного элемента Даніэля.

Вслѣдствіе этого практическая единица силы тока—амперъ—оказывается въ десять разъ меньше теоретической: это сила тока, производимаго однимъ вольтомъ въ проводникѣ, имѣющемъ сопротивленіе въ одинъ омъ. Точно также и практическая единица заряда (или количества электричества)—кулонъ—является въ 10 разъ меньшею, чѣмъ теоретическая. Наконецъ, практическая единица емкости фарадъ—есть емкость такого конденсатора, которому элетродвижущая сила одного вольта сообщаетъ зарядъ въ одинъ кулонъ; эта единица обыкновенно и принимается при устройствѣ градуированныхъ конденсаторовъ.

Итакъ, силу тока выражаютъ въ *амперахъ*, электродвижущую силу цѣпи—

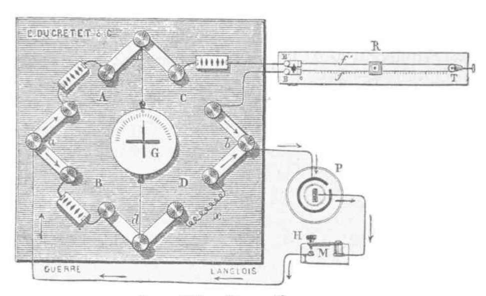
въ *вольтахъ* *), сопротивленіе—въ *омахъ* **), зарядъ—въ *кулонахъ*, емкость—въ фарадахъ, или, вѣрнѣе, микрофарадахъ ***) (милліонныхъ доляхъ фарада). При-



Фиг. 450.—Амперметръ Депре́ и Карпантье.

*) Для измѣренія электродвижущей силы даннаго производителя поступаютъ слѣдующимъ образомъ. Полюсы его соединяютъ проволокою, включающею какой-нибудь электрометръ, наприм., электрометръ Липмана, и затѣмъ въ цѣпь вводятъ другой градуированный источникъ электродвижущей силы, направленіе которой можно сдѣлать обратнымъ первому источнику, а величину—выбрать такъ, чтобы электрометръ показывалъ нуль; послѣднее будетъ тогда, когда величина электродвижущей силы, введенной для сравненія будетъ какъ разъ равна искомой электродвижущей силѣ перваго производителя. Здѣсь мы поступаемъ такъ же, какъ при измѣреніи механическихъ силъ: *уравновѣшиваемъ* неизвѣстную силу извѣстною.

**) *Сопротивленія* измѣряются при помощи снаряда, извѣстнаго подъ именемъ *моста*



Фиг. 451.—Мостъ Уитстона.

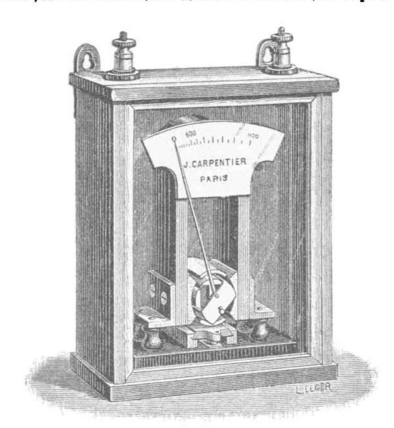
Уитстона (*фиг.* 452). Батарея P доставляетъ токъ, который въ точкѣ a раздваивается: одна часть его направляется къ отрицательному полюсу батареи по пути acb, а другая—по пути adb. Ящики сопротивленій помѣщаются въ A, B и C. Въ R мы видимъ тонкую проволоку, извѣстную подъ названіемъ реостата; въ часть acb цѣпи можетъ быть введена любая часть этой проволоки. Въ x помѣщаютъ измѣряемое сопротивленіе. Соединивъ точки c и d проволокою (*мостомъ*), въ которую включена спираль гальванометра, отыскиваютъ такія части ящиковъ сопротивленій A, B, C и реостата R, при которыхъ стрѣлка гальванометра принимаетъ такое положеніе, какъ въ отсутствіи батареи. Тогда искомое сопротивленіе выводится изъ формулы $x \times A = B \times C$. Результатъ получается въ омахъ, если при градуированіи ящиковъ сопротивленій и реостата за единицу сопротивленія принятъ имъ.

***) Приставка *мега* обозначаетъ милліонъ, а *—микро—*милліонную долю главной единицы.

боры, градуированные такимъ образомъ, что они прямо показываютъ силу испытуемаго тока въ амперахъ и электродвижущую силу генератора въ вольтахъ, называются: первые *амперметрами* (*фиг.* 450), а вторые—*вольтаметрама* (*фиг.* 275).

За практическую единицу работы, конгрессомъ 1889 г. принятъ *джауль*, равный десяти милліонамъ эрговъ.

Единица рабочей силы (механическаго эффекта) есть *уаттъ*, равный рабочей силѣ двигателя, доставляющаго десять милліоновъ эрговъ въ одну секунду.



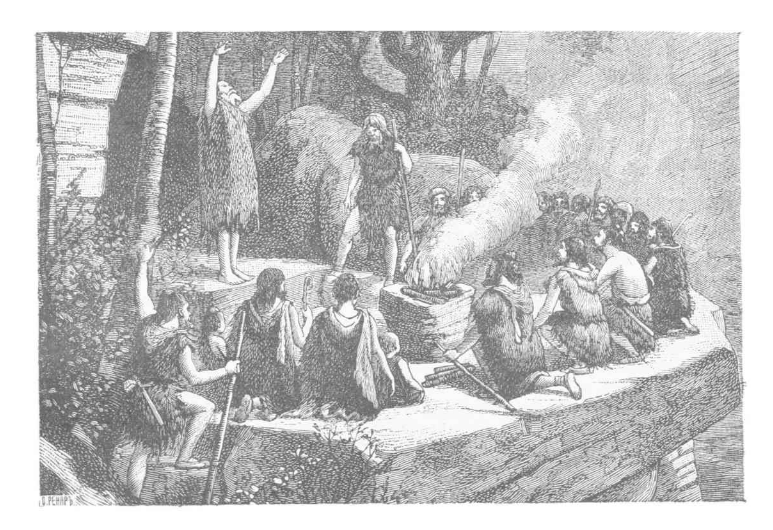
Фиг. 452.—Промышленный гальванометръ Карпантье.

Техническая единица рабочей силы—лошадиная сила (паровая лошадь) равна 736 уаттамъ; въ метрической системѣ лошадиная сила равна работѣ въ 75 килограмметровъ. Двигатель, способный поднять 7500 килограммовъ на высоту 1 метра въ 1 секунду, обладаетъ рабочей силой въ 100 паровыхъ лошадей, или въ 73600 уаттовъ. Приборы, служащіе для непосредственнаго опредѣленія рабочей силы генератора электричества, извѣстны подъ названіемъ *уаттметровъ*.

Въ этомъ краткомъ обзорѣ физическихъ величинъ не было сказано о величинахъ, относящихся къ температурѣ. Эти послѣднія изучаются въ отдѣлѣ, посвященномъ тепловой энергіи; къ изложенію важнѣйшихъ свойствъ только-что названной энергіи мы сейчасъ и переходимъ.

КНИГА ЧЕТВЕРТАЯ.

ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГІЯ.



Фиг. 453.—Первый огонь.

КНИГА ЧЕТВЕРТАЯ.

Тепловая энергія.

Глава I.

Изъ физическихъ агентовъ теплота, безспорно, намъ всего ближе и служитъ намъ всего прямѣе. Дѣйствія ея мы имѣемъ возможность наблюдать ежеминутно, приложенія ея въ промышленности важны и многочисленны. Теплота, какъ мы скоро увидимъ, есть не что иное, какъ извѣстный родъ энергіи; она можетъ быть превращена въ механическую работу и, наоборотъ, затрата нѣкотораго количества механической работы можетъ дать въ результатѣ теплоту.

Слова *тепло* и *холодъ*, соотвѣтствующія двумъ противоположнымъ ощущеніямъ, обозначаютъ, въ сущности два состоянія одного и того же порядка, различающіяся одно отъ другого лишь относительно. Если, напр., одну руку опустимъ въ сосудъ со льдомъ, а другую—въ сосудъ съ теплой водой, мы получимъ два совершенно различныхъ ощущенія; но если, подержавъ руки нѣсколько времени въ упомянутыхъ сосудахъ, положимъ ихъ затѣмъ въ воду обыкновенной (комнатной) температуры, то онѣ получатъ обратныя предъидущимъ ощущенія, которыя болѣе или менѣе скоро сольются въ одно ощущеніе, общее для обѣихъ рукъ.

Если два тѣла первоначально были одинаковы, то *у тѣла, сдѣлавшагося теплѣе, мы называемъ теплотою то, что въ немъ находится въ избыткѣ.* Когда, прикасаясь къ двумъ тѣламъ, мы получаемъ одно и то же ощущеніе, мы говоримъ, что *температура* обоихъ тѣлъ одинакова; если одно изъ нихъ становится теплѣе, говорятъ, что температура его *повышается;* если оно, наоборотъ, дѣлается

холоднѣе, говорятъ, что температура его *понижается*. Таковы грубыя опредѣленія, основанныя на ощущеніи.

Къ счастью, теплота производитъ въ тѣлахъ и множество такихъ измѣненій, которыя возможно измѣрить съ большою точностью; важнѣйшимъ изъ нихъ является *измѣненіе объема*. Обыкновенно тѣло при нагрѣваніи увеличивается въ объемѣ—*расширяется*, а при охлажденіи уменьшается въ объемѣ—*сжимается*. Отъ дѣйствія теплоты частицы тѣла, связанныя между собою силою *сцѣпленія*, удаляются однѣ отъ другихъ, сцѣпленіе уменьшается, и тѣло, если оно первоначально было твердое, можетъ перейти въ *жидкое состояніе;* при дальнѣйшемъ нагрѣваніи сцѣпленіе продолжаетъ уменьшаться все болѣе и болѣе, до тѣхъ поръ, пока оно не исчезаетъ совершенно и на смѣну ему не является *расширяемость:* въ этотъ моментъ тѣло уже представляется *газообразнымъ*, оно обратилось въ паръ. Такимъ образомъ одно и то же тѣло, напр., вода, можетъ, смотря по температурѣ, быть то твердымъ тѣломъ, то жидкостью, то паромъ.

Иногда твердое тѣло превращается въ газообразное безъ видимаго промежуточнаго перехода въ жидкое состояніе; таковъ, напр., твердый іодъ, который при нагрѣваніи не плавится, а прямо отдѣляетъ фіолетовые пары; такой прямой переходъ изъ твердаго состоянія въ газообразное называется *возгонкою*.

Газъ, получившійся изъ твердаго тѣла путемъ расширенія, обладаетъ способностью расширяться безпредѣльно. Если будемъ нагрѣвать сосудъ съ воздухомъ, сообщающимся со стеклянной трубкой, наполненной ртутью и опрокинутой надъ чашкою со ртутью, то воздухъ мало-по-малу проникаетъ въ верхнюю часть трубки, оттѣсняя ртуть книзу. Другими словами, онъ будетъ расширяться, разрѣжаться все болѣе и болѣе, стремясь, можетъ быть, перейти въ четвертое состояніе—въ *лучистое состояніе* Фарадея.

Если будемъ нагрѣвать бумажный мѣшокъ съ воздухомъ, то онъ надуется и поднимется вверхъ. Это значитъ, что теплый воздухъ легче холоднаго: мѣшокъ, поднимающійся въ холодномъ воздухѣ, повинуется уже извѣстному намъ закону Архимеда.

Что случится, если мы будемъ нагрѣвать не воздухъ, а какой-либо иной газъ?—Возьмемъ рядъ одинаковыхъ сосудовъ, наполненныхъ различными газами и будемъ нагрѣвать ихъ на одномъ и томъ же очагѣ. Тогда объемы газовъ, проникшихъ въ трубки, первоначально наполненныя ртутью, окажутся одинаковыми; другими словами, степень расширенія не зависитъ отъ природы газа: кислородъ, азотъ, водородъ и прочіе газы расширяются одинаково.

Нагрѣвая жидкости, мы, во-первыхъ, убѣждаемся въ томъ, что онѣ расширяются гораздо меньше газовъ, а во-вторыхъ, что степень расширенія находится въ зависимости отъ природы жидкости; такъ, спиртъ расширяется гораздо больше, нежели вода.

Если мы нагрѣваемъ жидкость, выполняющую какой-нибудь сосудъ во всемъ его объемѣ, то сначала получается какъ будто сжатіе ея; это объясняется сравнительно большимъ вначалѣ расширеніемъ сосуда *).

Сравнимъ расширеніе воды съ расширеніемъ спирта, напримѣръ. Изъ двухъ баллоновъ одинаковой емкости, въ одномъ содержится спиртъ, а въ другомъ вода. Если эти баллоны погрузимъ въ горячую воду, то уровни жидкостей, благодаря расширенію баллоновъ, первоначально опускаются до одной и той же высоты, но затѣмъ, при дальнѣйшемъ дѣйствіи теплоты, жидкости поднимаются—спиртъ гораздо быстрѣе воды. Подобнымъ же образомъ найдемъ, что различныя жидкости при нагрѣваніи расширяются въ различной мѣрѣ.

Если вынуть баллоны изъ сосуда съ теплой водой, то уровни жидкостей въ нихъ постепенно опускаются до первоначальной высоты. Помѣщая затѣмъ баллонъ съ водой въ какую-либо охладительную смѣсь, напр., въ смѣсь толче-

*) То расширеніе, которое мы обыкновенно наблюдаемъ, есть всегда лишь *кажущееся*, а не *истинное расширеніе*.

наго льда и соли, получаемъ еще большее пониженіе уровня воды; значитъ послѣдняя при охлажденіи сжимается; но скоро вода перестаетъ уменьшаться въ объемѣ, уровень ея, несмотря на все бо́льшее и бо́льшее охлажденіе, напротивъ повышается; другими словами, при охлажденіи вода сначала сжимается, а потомъ расширяется. Большая часть другихъ жидкостей не представляетъ подобнаго уклоненія отъ общаго закона.

Если наполненную водой желѣзную бутылку, даже съ очень толстыми стѣнками, закупоренную винтовой пробкой, положить въ какую-нибудь охладительную смѣсь, то объемъ воды сперва уменьшится, но затѣмъ онъ начнетъ увеличиваться, и скоро вслѣдствіе неуступчивости стѣнокъ бутылки, послѣдняя разорвется, несмотря на всю свою крѣпость. Благодаря указанному свойству воды, замерзаніе послѣдней начинается съ поверхности, и подо льдомъ даже въ самую сильную стужу вода всегда сохраняетъ сравнительно высокую температуру. Это-то обстоятельство, вмѣстѣ съ малымъ удѣльнымъ вѣсомъ льда и малой теплопроводимостью воды, и служитъ причиною того, что рѣчныя и морскія животныя и растенія не погибаютъ во время значительныхъ холодовъ.

„Такіе факты,—говоритъ Тиндаль *),—естественно и справедливо трогаютъ наше сердце; отношенія между жизнью и необходимыми условіями ея существованія, всеобщее въ природѣ принаровленіе средствъ къ цѣлямъ,—это, безспорно, возбуждаетъ въ философѣ живѣйшій интересъ; но когда дѣло касается явленій природы, мы должны зорко слѣдить за своимъ чувствомъ; оно, помимо нашей воли и сознанія, можетъ завести насъ за предѣлы фактически достовѣрнаго. Такъ, напр., какъ единстовенное въ свемъ родѣ и неопровержимое доказательство цѣлесообразности въ природѣ и заботливости послѣдней обо всемъ живущемъ, нерѣдко приводятъ вышеуказанную способность *воды*. Для чего-бы,—говорятъ при этомъ,—водѣ нужна была такая способность, если не для защиты природы противъ ея самой.

„На дѣлѣ, однако-же, это не есть исключительное свойство воды. Вотъ другая бутылка, также треснувшая по всей своей длинѣ; разбиваю её молоткомъ: какъ видите её выполняла ея массивная металлическая копія. Этотъ металлъ—висмутъ; я вылилъ его въ бутылку, когда онъ находился въ расплавленномъ состояніи, и закупорилъ бутылку винтомъ, точно такъ же, какъ бутылку съ водой. Охладившись, металлъ перешелъ въ твердое состояніе, расширился, и его расширительной силы достаточно было для того, чтобы бутылка лопнула. Здѣсь уже некого спасать,—ни рыбъ, ни другихъ животныхъ, а между тѣмъ расплавленный висмутъ отнесся къ дѣйствію холода совершенно такъ, какъ вода.

„Да позволено мнѣ будетъ сказать разъ на всегда, что для физика, какъ таковаго, нѣтъ въ природѣ ни цѣлесообразности, ни конечныхъ причинъ: его задача—понять, что̀ такое природа, а не для чего или почему она существуетъ. Но это-то именно и заставляетъ его болѣе другихъ удивляться таинственнымъ явленіямъ природы.

Перейдемъ теперь къ изученію расширенія твердыхъ тѣлъ. Возьмемъ два металлическихъ бруска одинаковой длины—мѣдный и желѣзный—и помѣстимъ послѣдній въ *пирометръ съ круговой скалой*. Этотъ пирометръ состоитъ изъ двухъ столбиковъ, утвержденныхъ на деревянной доскѣ; на одномъ столбикѣ укрѣпленъ рычагъ, длиннымъ плечомъ котораго служитъ стрѣлка, могущая двигаться по скалѣ, центръ которой находится въ точкѣ опоры рычага.

У другого столбика имѣется зажимъ, при помощи котораго одинъ конецъ бруска можетъ быть укрѣпленъ неподвижно. Описанный приборъ сходенъ по своему устройству, съ компараторомъ. Желѣзный брусокъ кладется такъ, что свободный конецъ его упирается въ рычагъ и стрѣлка до опыта стоитъ на нулѣ скалы; затѣмъ его нагрѣваютъ на газовой горѣлкѣ. При нагрѣва-

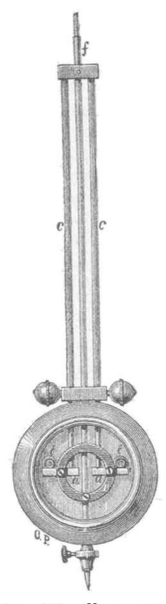
*) Теплота, разсматриваемая какъ особый родъ движенія.

нiи брусокъ удлиняется, благодаря чему его свободный конецъ приводитъ въ движенiе рычагъ, который отклоняетъ стрѣлку. Если затѣмъ удалить лампу, то брусокъ охладится, сократится вслѣдствiе этого и приведетъ стрѣлку въ ея первоначальное положенiе—къ нулю скалы.

Если вмѣсто желѣзнаго бруска будемъ производить тотъ же опытъ съ мѣднымъ, то максимальное отклоненiе стрѣлки будетъ уже иное, и притомъ большее, чѣмъ въ случаѣ желѣзнаго бруска; это значитъ, что мѣдный брусокъ расширяется больше желѣзнаго.

Лучше нагрѣвать оба бруска заразъ въ одной и той же ваннѣ.

Вотъ двѣ пластинки одинаковой длины—платиновая и серебряная, спаянныя въ совершенно прямую ленту. Если такую ленту станемъ нагрѣвать, то серебряная пластинка, способная расширяться больше платиновой, сдѣлается длиннѣе послѣдней; отъ этого лента искривится и свернется, причемъ выпуклая поверхность будетъ принадлежать серебряной пластинкѣ.



Фиг. 454.—Уравнительный маятникъ Броко.

Отъ дѣйствiя теплоты твердыя тѣла увеличиваются въ объемѣ. Металлическое кольцо укрѣплено посредствомъ зажима на загнутомъ вверху вертикальномъ стержнѣ, къ которому привѣшенъ шаръ изъ того же металла, какъ и кольцо; при обыкновенной температурѣ шаръ проходитъ черезъ кольцо, но будучи нагрѣтъ, онъ расширяется и уже не можетъ пройти черезъ него. Если же вмѣстѣ съ шаромъ нагрѣть и кольцо, то это послѣднее по-прежнему будетъ пропускать кольцо; изъ этого видно, что тѣла несплошныя расширяются подобно сплошнымъ. *Пустота полаго тѣла увеличивается въ такой же точно мѣрѣ, въ какой расширялась бы сплошная однородная съ тѣломъ масса, такого же объема, какъ эта пустота.*

Еслибы кольцо было желѣзное, а шаръ—мѣдный, то при одновременномъ нагрѣванiи того и другого, шаръ не проходилъ бы черезъ кольцо; отсюда слѣдуетъ, что мѣдь расширяется больше желѣза. Это неодинаковое расширенiе тѣлъ нашло, между прочимъ, приложенiе къ часовому дѣлу. Опытъ показываетъ, что при небольшихъ размахахъ времена качанiй маятниковъ одинаковой длины равны; на этомъ законѣ изохронности (равновременности) качанiй и основано устройство приборовъ, служащихъ для измѣренiя времени.

Отъ теплоты длина маятника, а вмѣстѣ съ тѣмъ и время качанiя, измѣняется: чѣмъ длиннѣе становится маятникъ, тѣмъ больше дѣлается время каждаго качанiя, тѣмъ медленнѣе начинаетъ качаться маятникъ; слѣдовательно, часы, ходъ которыхъ регулируется маятникомъ, должны отставать въ теплѣ и, наоборотъ, уходить впередъ въ холодѣ. Эта неправильность хода значительно устраняется въ точныхъ часахъ такъ называемымъ *уравнительнымъ маятникомъ*. Наиболѣе употребителенъ уравнительный маятникъ Броко. Онъ состоитъ (*фиг.* 454) изъ чечевицы, привѣшенной на трехъ параллельныхъ прутьяхъ,—по бокамъ болѣе длиннаго желѣзнаго прута *f* расположены два мѣдныхъ *c*, *c*, которые посредствомъ рычаговъ *a*, *a* и стержней *t*, *t*, укрѣпленныхъ въ чечевицѣ, поднимаютъ эту послѣднюю при повышенiи температуры. Плечи рычаговъ разсчитаны такъ, чтобы въ результатѣ противоположныхъ расширенiй мѣди и желѣза центръ чечевицы всегда удерживался на одномъ и томъ же разстоянiи отъ оси привѣса.

Сила, съ которою твердыя тѣла стремятся расшириться при нагрѣванiи, весьма значительна; величину ея прямо выражаетъ то количество работы, какое должно быть затрачено для уравновѣшенiя этой силы. Для примѣра мы укажемъ

на то, что желѣзный прутъ въ 8 метровъ длины и 1 квадратный сантиметръ сѣченія, перенесенный изъ тающаго льда въ кипящую воду, оказываетъ на неподвижный столбъ, препятствующій его расширенію, давленіе въ 2500 килограммовъ. Такимъ образомъ, расширеніемъ или сжатіемъ металлическихъ брусьевъ можно пользоваться какъ источникомъ большой механической силы. Бывшій директоръ Консерваторіи искусствъ и ремеслъ, Моляръ, утилизировалъ подобный источникъ для слѣдующей цѣли. Онъ соединилъ желѣзными прутьями двѣ покосившіяся снаружи стѣны одного зданія и, раскаливъ эти прутья, крѣпко пригналъ ихъ снаружи сильнѣйшими гайками. Когда черезъ нѣсколько времени прутья охладились и сжались, то стѣны оказались выпрямленными.

Расширеніе металла, ничтожное для единицы длины, достигаетъ, разумѣется, огромной величины, если расширяющійся предметъ имѣетъ весьма большую длину. Примѣромъ можетъ служить желѣзнодорожный путь въ 800 километровъ, ведущій изъ Парижа въ Марсель; такъ какъ желѣзный прутъ въ 1 метръ длины, при повышеніи температуры на величину, равную разности между наисильнѣйшимъ зимнимъ холодомъ и наибольшимъ лѣтнимъ зноемъ, расширяется на 0,0006 метра, то вышеупомянутая желѣзнодорожная линія должна удлиниться на 480 метровъ; этой прибавки длины было бы уже достаточно для разрыва пути, если бы онъ былъ проложенъ въ видѣ непрерывной линіи.

Расширеніе при нагрѣваніи не только различно для различныхъ тѣлъ, но и въ одномъ и томъ же тѣлѣ оно происходитъ въ неодинаковой мѣрѣ по различнымъ направленіямъ. Въ этомъ легко убѣдиться на кристаллѣ исландскаго шпата (*фиг.* 382). При нагрѣваніи такого кристалла величины угловъ его измѣняются, что указываетъ на неодинаковое измѣненіе его размѣровъ. Наибольшее расширеніе наблюдается по направленію оси AA' кристалла. Если прослѣдить величину расширенія, идя отъ оси къ плоскости, ей перпендикулярной, то замѣтимъ, что расширеніе по мѣрѣ удаленія отъ оси, дѣлается все меньше и меньше, пока оно не обратится въ нуль; это послѣднее имѣетъ мѣсто для извѣстнаго направленія, образующаго съ кристаллографической осью довольно большой уголъ. При дальнѣйшемъ увеличеніи угла наклоненія къ оси мы замѣчаемъ уже сокращеніе, которое является наибольшимъ по направленію, перпендикулярномъ къ оси. Въ общемъ объемъ кристалла увеличивается въ объемѣ, такъ какъ расширеніе больше сокращенія. Эти наблюденія были сдѣланы впервые Миттерлихомъ именно на исландскомъ шпатѣ. Дальнѣйшее изученіе вопроса было предпринято Физо́, наблюдавшимъ еще множество другихъ тѣлъ; при своихъ относящихся сюда изслѣдованіяхъ названный ученый пользовался *Ньютоновыми* кольцами (стр. 376).

При продолжительномъ нагрѣваніи твердаго тѣла наступаетъ, наконецъ, такой моментъ, когда тѣло, какъ уже ранѣе было указано, переходитъ въ жидкое состояніе; это явленіе принято называть *плавленіемъ* (если переходъ въ жидкость совершается при сравнительно низкой температурѣ, то его нерѣдко называютъ *таяніемъ*).

Нѣкоторыя тѣла, какъ, напр. уголь, не могли еще до сихъ поръ быть приведены въ жидкое состояніе. Но это зависитъ единственно отъ несовершенства нашихъ методовъ и никоимъ образомъ не можетъ умалять значенія вышеприведеннаго принципа, согласно которому всякое тѣло, смотря по дѣйствующей на него температурѣ, представляется то въ твердомъ, то въ жидкомъ, то въ газообразномъ состояніи. Необходимо только замѣтить, что иныя тѣла, прежде чѣмъ расплавиться отъ дѣйствія высокой температуры, подвергаются настоящему химическому разложенію. Такъ, напр., мѣлъ (углекислая известь) при дѣйствіи на него сильнаго жара распадается на углекислоту и известь. Но если нагрѣваніе того же вещества будетъ производится въ замкнутомъ сосудѣ, емкость котораго какъ разъ равна взятому объему вещества, то уже по разложеніи малой части послѣдняго давленіе отдѣлившагося газа оказывается достаточнымъ для того. чтобы не произошло разложенія оставшейся части, которая за-

тѣмъ непосредственно переходитъ въ жидкое состояніе. Рядъ подобныхъ опытовъ былъ произведенъ уже въ прошломъ столѣтіи физикомъ Га́ллемъ.

Обыкновенно переходъ изъ твердаго состоянія въ жидкое совершается сразу, въ одинъ моментъ. Къ нѣкоторымъ тѣламъ это, однако, неприложимо. Такъ стекло, прежде чѣмъ принять жидкое состояніе, переходитъ чрезъ рядъ промежуточныхъ состояній, въ которыхъ оно имѣетъ тѣстообразную консистенцію, позволяющую вытягивать стекло въ тончайшія нити, выдувать его и вообще придавать ему какія угодно формы. Этимъ-то именно и пользуются въ дѣлѣ обработки стекла.

Тѣла переходятъ изъ твердаго состоянія въ жидкое не только при нагрѣваніи, но и отъ дѣйствія на нихъ жидкостей, въ чемъ очень легко убѣдиться, бросивъ въ воду кусокъ сахара или соли. Это явленіе называется *раствореніемъ*. Теплота ускоряетъ раствореніе; согласно съ этимъ теряется много теплоты, т.-е. получается большой холодъ, если раствореніе происходитъ быстро. На этомъ-то обстоятельствѣ и основано приготовленіе *охлаждающихъ смѣсей*. Обыкновенно такія смѣси образуются двумя веществами, изъ которыхъ одно, по крайней мѣрѣ, есть тѣло твердое; переходъ этого тѣла въ жидкое состояніе и производитъ холодъ. Простѣйшей является смѣсь двухъ частей льда съ одной частью соли; здѣсь происходитъ заразъ таяніе льда и раствореніе соли въ получающейся такимъ образомъ водѣ; благодаря этому охлажденіе получается довольно значительное. Указанной смѣсью обыкновенно и пользуются для полученія искусственнаго льда въ домашнемъ хозяйствѣ.

Употребительна также охладительная смѣсь изъ пяти частей нашатыря, пяти частей селитры и шестнадцати частей воды. Для полученія искусственнаго льда въ большихъ количествахъ чаще всего употребляется смѣсь изъ соляной кислоты и глауберовой (сѣрнонатровой) соли; смѣсь обыкновенно помѣщается въ цилиндрическій жестяной сосудъ, покрытый войлочнымъ футляромъ. Охлаждаемая жидкость наливается въ U-образный сосудъ, помѣщающійся внутри цилиндра. Иногда послѣдній устанавливается на тележкѣ, благодаря чему получается возможность сообщить ему качательное движеніе, ускоряющее охлаждающее дѣйствіе смѣси.

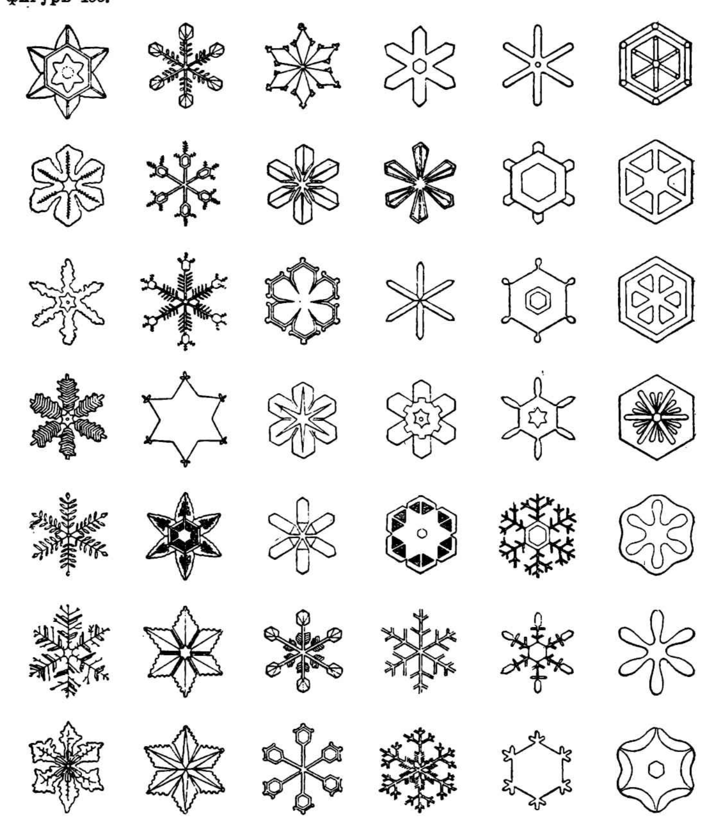
Явленіе, обратное плавленію, т.-е. переходъ тѣла изъ жидкаго состоянія въ твердое при охлажденіи, называется *отвердѣваніемъ*, или *замерзаніемъ*. Къ такому переходу нужно считать способными всѣ тѣла, хотя до сихъ поръ не удалось получить въ твердомъ состояніи нѣкоторыхъ тѣлъ, напр., абсолютнаго спирта, сѣрнистаго углерода и пр. Если при охлажденіи небольшого количества жидкости эта послѣдняя можетъ быть поддерживаема въ абсолютно спокойномъ состояніи, то отвердѣваніе можетъ не наступить даже при довольно низкой температурѣ. Но при этомъ, какъ показалъ Жернэ, достаточно уже малѣйшаго возмущенія жидкости, достаточно бросить въ нее одну крупинку того вещества, въ какое она должна обратиться, для того, чтобы жидкость мгновенно замерзла.

Если переходъ изъ жидкаго состоянія въ твердое совершается медленно, то частицы тѣла часто складываются въ группы правильной геометрической формы—въ кристаллы,—жидкость, какъ говорятъ, *кристаллизуется*, причемъ, форма образующихся кристалловъ опредѣляется природой кристаллизующагося тѣла, а потому и служитъ характернымъ признакомъ для его распознаванія; она, можно сказать, играетъ ту же роль въ неорганическомъ мірѣ, какъ строеніе организма въ мірѣ организованномъ. Прекрасный примѣръ кристаллизаціи можно наблюдать на висмутѣ или сѣрѣ. Путемъ испаренія растворителя или путемъ охлажденія кристаллизуются также и соли изъ растворовъ.

Если мы наблюдаемъ кристаллизацію на сѣрѣ или на висмутѣ, то для полученія хорошихъ кристалловъ необходимо тотчасъ же послѣ того, какъ отвердѣлъ поверхностный слой, *слить* часть жидкости, еще не успѣвшую отвердѣть; тогда, по удаленіи поверхностнаго слоя, стѣнки сосуда представляются намъ осыпанными великолѣпными кристаллами. Если же жидкость не была слита во-

время, то мало-по-малу отвердѣваетъ вся масса ея, причемъ образовавшіеся кристаллы такъ тѣсно переплетаются между собой, что опредѣленіе формы отдѣльныхъ кристалловъ становится совершенно невозможнымъ. Примѣромъ можетъ служить ледъ.

Отличный образецъ кристаллическихъ образованій представляютъ всѣмъ знакомые зимніе узоры на оконныхъ стеклахъ, напоминающіе листья папоротника; поучительное въ этомъ отношеніе строеніе снѣжинокъ, изображено на фигурѣ 455.



Фиг. 455.—Кристаллы: видъ снѣжинокъ подъ микроскопомъ.

Если будемъ разсматривать кусокъ льда, то не замѣтимъ въ немъ кристаллическаго строенія, онъ кажется намъ аморфнымъ. Тиндалю удалось при помощи остроумной уловки, показать, что въ дѣйствительности ледъ есть тѣло кристаллическое. Если принять на экранъ пучекъ лучей отъ электрической лампы, прошедшій сперва черезъ тоненькую ледяную пластинку, а потомъ черезъ собирательную чечевицу, то получимъ изображеніе того, что̀ происходитъ при этомъ со льдомъ. Противъ ожиданія, мы наблюдаемъ не равномѣрное, сплошное

таяніе пластинки, а частичное, идущее по нѣкоторымъ направленіямъ. Отъ группы темныхъ шарообразныхъ пузырьковъ, какъ отъ центра, отходятъ свѣтлые лучи (обыкновенно въ количествѣ шести), — прозрачныя полоски въ мѣстахъ частичнаго таянія, — что̀ въ совокупности напоминаетъ пестикъ, окруженный шестью лепестками. Мало-по-малу эти лепестки зазубриваются по краямъ, принимая видъ листьевъ папоротника; тогда они напоминаютъ вышеупомянутые узоры на оконныхъ стеклахъ. Подобіе горной породы — ледяная пластинка отъ дѣйствія тепловаго луча раскалывается на отдѣльные, ясно различимые, кристаллы. Пестикъ ледянаго цвѣтка есть не что иное какъ пустой промежутокъ, получающійся отъ того, что вода, образующаяся въ результатѣ таянія льда, занимаетъ меньшій объемъ, нежели послѣдній.

Большая часть тѣлъ при плавленіи увеличиваются, а при отвердѣваніи наоборотъ уменьшаются въ объемѣ. Исключеніе въ этомъ отношеніи составляютъ ледъ, висмутъ, серебро и чугунъ. Оттого-то этотъ послѣдній, напр., такъ пригоденъ для *выливанія въ формы:* проникая, при отвердѣваніи, во всѣ мельчайшія углубленія послѣднихъ, онъ даетъ слѣпокъ, въ совершенствѣ воспроизводящій копируемый предметъ. Расширеніе воды при замерзаніи весьма значительно: оно равно приблизительно $^1/_{14}$. Этимъ-то именно расширеніемъ и объясняется то, что льдины плаваютъ на поверхности рѣкъ. Оно же, въ сильные морозы, губитъ наши растенія, какъ это доказано для виноградной лозы, для шелковичныхъ и оливковыхъ деревьевъ. Наибольшую опасность въ этомъ смыслѣ представляютъ поздніе морозы, являющіеся весною уже въ то время, когда начинается циркуляція питательныхъ соковъ въ растеніяхъ.

Жидкость, предоставленная самой себѣ при доступѣ воздуха, мало-по-малу уменьшается въ объемѣ и подъ конецъ совершенно исчезаетъ, высыхаетъ, какъ говорятъ; такое исчезновеніе жидкости мы называемъ *испареніемъ ея.* Теплота усиливаетъ испареніе. Особенно быстро испаряются тѣ жидкости, которыя извѣстны подъ названіемъ *летучихъ.* Въ то время какъ для испаренія капли воды требуется значительно долгое время, капля эфира при доступѣ воздуха исчезаетъ мгновенно.

Въ сущности, *газъ* и *паръ* представляютъ собою тождественныя понятія: паръ—это газъ, въ который обращается жидкость путемъ испаренія, и всякій газъ въ дѣйствительности можетъ быть разсматриваемъ, какъ паръ извѣстной жидкости. Но въ обыкновенной рѣчи мы употребляемъ слово *паръ* для обозначенія газообразнаго состоянія такихъ тѣлъ, которыя, какъ напр., сѣра и пр. обычно, встрѣчаются намъ въ жидкомъ или твердомъ видѣ а, *газами* мы называемъ тѣ тѣла, которыя, какъ напр., углекислота, амміакъ, хлоръ и пр., мы привыкли встрѣчать только въ газообразномъ состояніи.

Въ томъ, что пары обладаютъ характерной для газовъ расширяемостью, легко убѣдиться изъ слѣдующаго опыта. Возьмемъ стеклянный баллонъ, который при посредствѣ своей оправы, можетъ сообщаться, съ одной стороны, съ открытымъ манометромъ, а съ другой—съ воздушнымъ насосомъ. Выкачавъ изъ баллона воздухъ, получимъ разность уровня ртути въ обѣихъ вѣтвяхъ манометра, равную высотѣ барометра. Если затѣмъ вмѣсто трубки, идущей изъ воздушнаго насоса, соединить съ баллономъ воронку, въ которую налита жидкость, то по мѣрѣ того, какъ эта послѣдняя, капля за каплей, вступаетъ въ баллонъ, и здѣсь обращается въ паръ, уровень ртути въ лѣвомъ колѣнѣ манометра все болѣе и болѣе понижается, что̀ указываетъ на все бо́льшее и бо́льшее возрастаніе упругости въ баллонѣ. Наконецъ, наступаетъ такой моментъ, когда вхожденіе жидкости въ баллонъ уже перестаетъ вліять на манометръ, и введенныя капли жидкости, не испаряясь болѣе, осѣдаютъ на стѣнкахъ баллона. Изъ этого видно, что въ пустомъ пространствѣ извѣстнаго объема можетъ образоваться лишь опредѣленное количество пара. Если это количество содержится въ данномъ пространствѣ сполна, то такое пространство называется *насыщеннымъ;* при насыщеніи пары имѣютъ наибольшую упругость.

Теперь будемъ нагрѣвать нашъ баллонъ, въ которомъ, предположимъ, находится довольно значительное количество жидкости. По мѣрѣ того, какъ, вслѣдствіе нагрѣванія, жидкости въ баллонѣ будетъ становиться меньше, упругость заключеннаго въ немъ пара будетъ все болѣе и болѣе возрастать.

Этому опыту можно придать иную форму. Если въ барометрѣ съ *глубокой чашкою* введемъ нѣсколько капель эфира, то уровень ртути тотчасъ же понизится. Здѣсь происходитъ испареніе *всей* введенной жидкости безъ насыщенія пространства. При поднятіи и опущеніи барометрической трубки упругость пара измѣняется: въ каждый моментъ она равна разности между высотой ртути въ нормальномъ барометрѣ и въ нашей трубкѣ. Упругость измѣняется въ этомъ случаѣ въ зависимости отъ того объема, какой занимаетъ паръ, и опытъ показываетъ, что въ отношеніи упругости пары, не находящіеся въ соприкосновеніи съ *избыткомъ* жидкости (не насыщающіе пространства) подчиняются закону Маріотта, т. е. при одной и той же массѣ объемъ пара обратно пропорціоналенъ упругости послѣдняго. Если постепенно будемъ опускать барометрическую трубку, то упругость пара будетъ все болѣе и болѣе увеличиваться до тѣхъ поръ, пока не наступитъ, наконецъ, такой моментъ, когда надъ ртутью появится слой жидкаго эфира, т. е. когда часть эфирныхъ паровъ придетъ въ *жидкое состояніе;* съ этого момента упругость пара будетъ оставаться неизмѣнною, а количество жидкости, при дальнѣйшемъ опущеніи трубки,—увеличиваться.

Такой же характеръ носитъ явленіе насыщенія паромъ и въ пространствѣ не пустомъ, а содержащемъ воздухъ или вообще какой-нибудь газъ или смѣсь газовъ; различіе только то, что въ пустотѣ испареніе происходитъ *мгновенно*, а въ атмосферѣ того или иного газа оно совершается *медленнѣе*.

Гей-Люссакъ, изучившій это явленіе, показалъ, что оно подчиняется слѣдующимъ двумъ законамъ:

1) *Количество и упругость пара въ атмосферѣ любого газа и въ пустотѣ одинаковы.*

2) *Упругость смѣси, состоящей изъ газа, насыщеннаго какимъ-либо паромъ складывается изъ первоначальной упругости газа и наибольшей упругости пара.*

Если жидкость, напр., вода, находящаяся въ открытомъ сосудѣ, нагрѣвается достаточно долго, то пары образуются и внутри жидкости, и пузырьки этихъ паровъ, быстро поднимаясь на поверхность, гдѣ они и лопаются, сообщаютъ всей массѣ жидкости безпорядочное движеніе, сопровождаемое извѣстнымъ шумомъ. Вода, какъ говорятъ, *кипитъ*. Прослѣдимъ отдѣльные моменты этого явленія въ ихъ естественной послѣдовательности. Нагрѣваясь прежде всего, стѣнки сосуда, — пусть этотъ будетъ, напр., стеклянный баллонъ,— передаютъ свою теплоту соприкасающемуся съ ними слою жидкости; этотъ послѣдній, нагрѣвшись, становится легче и поднимается вверхъ; его мѣсто заступаетъ болѣе тяжелый—холодный слой, который, въ свою очередь нагрѣваясь, поднимается на поверхность и замѣщается болѣе холоднымъ слоемъ, и т. д. Такимъ образомъ въ жидкости образуются два противоположныхъ теченія: холодные слои движутся внизъ, а теплые вверхъ, и эти теченія совершаются до тѣхъ поръ, пока жидкость не нагрѣется одинаково во всей своей массѣ. Въ существованіи такихъ теченій — *вверхъ* и *внизъ*—очень легко убѣдиться, бросивъ въ нагрѣваемую жидкость немного древесныхъ опилокъ; движеніе этихъ послѣднихъ въ точности изобразитъ намъ движеніе жидкости. Скоро начинаютъ отдѣляться пузырьки газа; это пузырьки воздуха, бывшаго растворенныимъ въ жидкости. Затѣмъ на стѣнкахъ сосуда, въ наиболѣе нагрѣтыхъ мѣстахъ, появляются и пузырьки пара, которые поднимаются въ болѣе холодные слои и здѣсь превращаются въ жидкое состояніе. Это сгущеніе паровъ производитъ особое шипѣніе жидкости, предвѣ-

Фиг. 456.

щающее, что послѣдняя скоро закипитъ. Наконецъ, пузырьки становятся многочисленнѣе и, выдѣляясь на поверхность, производятъ клокотаніе жидкости. Такъ происходитъ энергичное испареніе жидкости путемъ *кипѣнія*.

Помощью манометра легко измѣрить наибольшую упругость пара вообще; посмотримъ, какова эта упругость при кипѣніи. Если горлышко баллона, содержащаго кипящую воду, приведемъ въ сообщеніе съ открытымъ манометромъ, въ короткомъ колѣнѣ котораго поверхъ ртути налито немного воды, то вода эта тотчасъ же начнетъ испаряться, закипитъ, причемъ ртуть въ обоихъ колѣнахъ будетъ стоять на одной и той же высотѣ. Отсюда слѣдуетъ, что давленіе (упругость) атмосферы уравновѣшивается наибольшей упругостью паровъ кипящей жидкости; другими словами, *когда жидкость кипитъ, то упругость получающихся при этомъ паровъ равна давленію внѣшней атмосферы*. Этимъ именно закономъ дается истинное физическое опредѣленіе *кипѣнія*.

Опыты Фарадея, Дюфура и другихъ ученыхъ показали что:

1) *Кипѣніе совершенно невозможно* для такихъ жидкостей, *которыя не содержатъ* воздуха или вообще какого-либо газа.

2) *Кипѣнія не происходитъ даже и въ томъ случаѣ, когда въ жидкости растворенъ какой-либо газъ, если только этотъ газъ остается въ растворенномъ состояніи.*

3) *Жидкость закипаетъ тотчасъ же, какъ, только начинаютъ выдѣляться пузырьки газа.*

Кипѣніе жидкости можетъ замедляться въ зависимости отъ вещества сосуда, если прилипаніе газовыхъ пузырьковъ къ стѣнкамъ послѣдняго болѣе или менѣе значительно.

Иногда испареніе происходитъ безъ соприкосновенія жидкости со стѣнками сосуда. Это бываетъ именно въ случаѣ *сфероидальнаго состоянія* жидкостей, изученнаго Бутиньи въ 1842 г. Если въ раскаленный серебряный тигель налить немного воды, то жидкость не разливается по стѣнкамъ тигля и не испаряется мгновенно, а принимаетъ форму шарика, который, принявъ быстрое вращательное движеніе около своей оси, испаряется довольно *медленно*, причемъ видимаго кипѣнія не происходитъ. Если прекратимъ нагрѣваніе тигля, и послѣдній охладится, то вода тотчасъ же разольется по дну и закипитъ, издавая при этомъ болѣе или менѣе сильный шумъ.

Въ сфероидальное состояніе могутъ приходить даже весьма летучія жидкости, и съ какою бы жидкостью ни прозводился опытъ, всегда можно убѣдиться, что кипѣнія при этомъ не происходитъ.

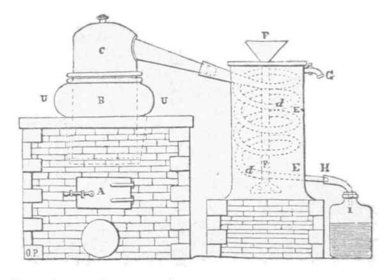
Пользуясь этимъ замѣчательнымъ явленіемъ, Бутиньи замораживалъ воду и ртуть въ тиглѣ, раскаленномъ до-бѣла. Если въ такой раскаленный тигель влить немного жидкой сѣрнистой кислоты, то послѣдняя придетъ въ сфероидальное состояніе и начнетъ медленно испаряться; при этомъ испареніи произойдетъ такое пониженіе температуры, котораго будетъ достаточно для мороженія небольшаго количества воды, влитаго въ это время въ раскаленный тигель. Взявъ вмѣсто сѣрнистой кислоты жидкую закись азота, можно мгновенно заморозить ртуть.

Но какимъ же образомъ жидкость можетъ оставаться въ сфероидальномъ состояніи, не закипать, находясь въ раскаленномъ тиглѣ? Это возможно благодаря тому, что жидкость въ сфероидальномъ состояніи не смачиваетъ сосуда, т.-е. не прикасается къ его стѣнкамъ. Въ этомъ можно убѣдиться путемъ слѣдующаго опыта. Накаливъ серебряную пластинку, расположенную совершенно горизонтально, наливаютъ на нее нѣсколько капель воды, которыя тотчасъ же приходятъ въ сфероидальное состояніе. При помощи платиновой проволоки, воткнутой въ водяной шарикъ, послѣдній удерживается въ центрѣ пластинки. Если теперь на нѣкоторомъ разстояніи отъ пластинки помѣстить горящую свѣчу, то её можно будетъ ясно видѣть черезъ промежутокъ между шарикомъ и пластинкой. Существованіе такого промежутка можетъ быть доказано и другимъ путемъ. Именно, направивъ пучекъ лучей отъ электрической лампы такъ, чтобъ онъ

прошелъ какъ разъ надъ пластинкой, можно затѣмъ, помощью надлежащимъ образомъ расположенной чечевицы, проложить на экранъ увеличенное изображеніе сферической капли и промежутка между нею и пластинкою.

Для того, чтобы шарикъ могъ держаться на нѣкоторомъ разстояніи отъ пластинки, онъ долженъ быть окруженъ слоемъ пара, препятствующимъ жидкости нагрѣться до температуры кипѣнія. Насколько велика упругость этого пара, видно изъ того, что Перкенсу не удалось прогнать ни одной капли воды черезъ малое отверстіе въ желѣзной трубкѣ, въ которой содержалась вода въ сфероидальномъ состояніи, не смотря на то, что онъ производилъ на содержимое этой трубки давленіе въ 60 атмосферъ.

Когда было изучено сфероидальное состояніе жидкостей, то получили естественное объясненіе многія явленія, до тѣхъ поръ непонятныя. Вотъ какъ объясняется напр., всѣмъ извѣстная возможность взрыва паровыхъ котловъ при ихъ охлажденіи. Вода, доставляемая въ котелъ, нерѣдко содержитъ известковыя соли, которыя, осаждаясь на стѣнкахъ котла, покрываютъ ихъ плотнымъ слоемъ, отдѣляющимъ воду отъ металлической оболочки. Если въ то время, какъ эта оболочка будетъ накалена до-красна, гдѣ-нибудь отвалится известковая кора, то вода отъ соприкосновенія со стѣнками котла придетъ въ сфероидальное состояніе; когда-же котелъ охладится, то вода изъ сфероидальнаго состоянія перейдетъ въ парообразное, и образующагося при этомъ огромнаго количества пара будетъ достаточно для взрыва котла. Справедливость приведеннаго объясненія Бутиньи доказалъ слѣдующимъ опытомъ. Если, накаливши до-красна металлическую бутылку, налить въ нее нѣсколько капель воды, то онѣ придутъ въ сфероидальное состояніе; тогда крѣпко закупориваютъ бутылку и даютъ ей охладиться. Въ тотъ моментъ, когда вода, выйдя изъ сфероидальнаго состоянія, внезапно обратится въ паръ, пробка вылетитъ и вслѣдъ за нею вырвется изъ бутылки струя горячаго пара.



Фиг. 457.—Дистилляціонный аппаратъ—алембикъ.

Тѣмъ же свойствомъ жидкостей легко объясняются и такія явленія, которыя въ былыя времена считались чудесными. Такъ, въ средніе вѣка нерѣдко случалось, что преступники, лизавшіе раскаленное желѣзо, не обжигали языка. Это происходило оттого, что слюна, прикасаясь къ раскаленному металлу, приходила въ сфероидальное состояніе и тѣмъ защищала языкъ отъ непосредственнаго соприкосновенія съ горячимъ желѣзомъ. Отсюда понятно, что можно совершенно безопасно опустить руку въ расплавленный чугунъ, если только смочить ее передъ тѣмъ, какой-нибудь летучей жидкостью, напр., спиртомъ или эфиромъ. Такимъ-то путемъ фокусники нерѣдко дурачатъ легковѣрную публику

Познакомившись съ характеромъ кипѣнія жидкостей и съ тѣми законами, которымъ оно подчиняется, мы перейдемъ теперь къ рѣшенію двухъ важныхъ въ практическомъ отношеніи задачъ: 1) къ *очищенію* жидкости, т.-е. къ освобожденію ея отъ постороннихъ примѣсей, напр., отъ солей, и 2) къ *раздѣленію* нѣсколькихъ, смѣшанныхъ между собою жидкостей, обладающихъ различною степенью летучести. Обѣ эти задачи рѣшаются путемъ издревле извѣстной операціи, извѣстной подъ именемъ *перегонки*, или *дистилляціи*.

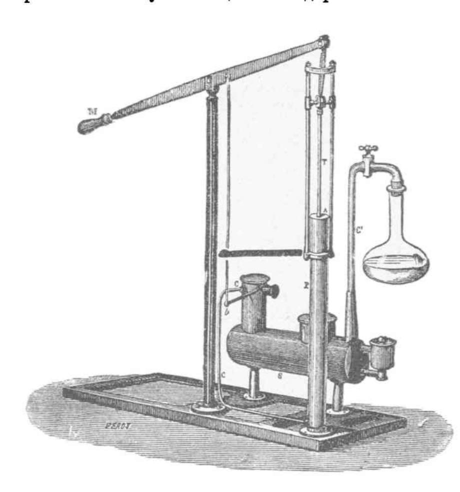
Вода рѣкъ и источниковъ, содержа въ растворѣ тѣ или иныя соли, не годится въ такомъ видѣ для химическихъ операцій. Для очищенія ея отъ сказанныхъ примѣсей употребляется такъ-называемый *перегонный кубъ*, или *алембикъ*. Этотъ аппаратъ состоитъ изъ *котла*, или *куба* B, накрываемаго *колпакомъ*, или

шлемомъ С, изъ котораго паръ проводится боковою трубою въ спиральную трубу, или *змѣевикъ* d (*фиг.* 457). Этотъ послѣднiй помѣщается въ сосудѣ Е съ холодной водой, служащей для охлажденiя пара, который, сгущаясь въ змѣевикѣ, превращается въ *перегнанную* (или *дистиллированную) воду*, вытекающую въ сосудъ I.

При сгущенiи паровъ вода согрѣвающаяся въ сосудѣ Е быстро нагрѣвается, а потому она должна постоянно перемѣняться; это достигается тѣмъ, что холодная вода безпрерывно притекаетъ по трубкѣ F, доходящей почти до дна холодильника, и въ то же время излишекъ воды удаляется черезъ кранъ G придѣланный къ верхней части сосуда.

Котелъ наполняется водой приблизительно до трехъ четвертей. Для того, чтобы получить чистую воду, перегонку ведутъ только до тѣхъ поръ, пока вода въ котлѣ не уменьшается до четверти своего первоначальнаго объема.

Когда перегоняется смѣсь двухъ неодинаково летучихъ жидкостей, то уже въ началѣ операцiи продуктомъ перегонки является смѣсь, въ которой болѣе летучая жидкость находится въ большемъ количествѣ сравнительно съ другой жидкостью. Перегоняя затѣмъ эту смѣсь, получаемъ такую, въ которой процентное содержанiе болѣе летучей жидкости еще больше. Такимъ образомъ, въ результатѣ многократной перегонки получается, наконецъ, такая смѣсь, въ которой болѣе летучая жидкость содержится въ количествѣ, во много разъ превосходящемъ содержанiе менѣе летучей. Этимъ-то путемъ въ прежнее время изъ винъ извлекался спиртъ, шедшiй потомъ на приготовленiе 46-ти градусной водки. Но этотъ способъ, — способъ такъ-называемой *дробной перегонки*, сопряженъ съ большой тратой времени, повышающей расходы производителя на фабрикацiю продукта; оттого въ промышленности вмѣсто него пользуются непрерывной перегонкой. Пары смѣси, до ихъ вступленiя въ змѣевикъ, пропускаются чрезъ *ректификаторъ* (очищательный аппаратъ), въ которомъ температура ниже, чѣмъ въ котлѣ, благодаря чему въ немъ сгущается наименѣе летучая жидкость, которая потомъ отводится обратно въ котелъ, между тѣмъ какъ пары другой жидкости проходятъ дальше въ змѣевикъ, гдѣ и сгущаются въ свою очередь.

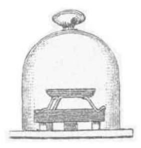


Фиг. 458.—Аппаратъ Карре для приготовленiя льда.

Всегда, когда жидкость испаряется безъ помощи очага, она охлаждается; оттого-то рука, смоченная эфиромъ,—жидкостью быстро испаряющейся,—чувствуетъ значительный холодъ. На только-что указанномъ явленiи и основано полученiе прохладной воды въ теплыхъ странахъ. Вода наливается въ такъ-называемыя *алькарацы*—сосуды изъ пористой глины; просачиваясь чрезъ поры, вода легко испаряется на наружной поверхности сосуда, чѣмъ сильно охлаждается его содержимое.

Шотландскiй физикъ Лесли показалъ въ 1817 г., что вода даже можетъ быть заморожена дѣйствiемъ своего испаренiя. Подъ колоколъ воздушнаго на-

соса помѣщаютъ сосудъ съ сѣрной кислотой (*фиг.* 459), надъ которымъ устанавливаютъ, на треножной подставкѣ, тоненькую мѣдную чашечку, содержащую нѣсколько капель воды. Если изъ-подъ колокола выкачать воздухъ, то вода сперва станетъ быстро испаряться, причемъ образующіеся пары будутъ поглощаться сѣрной кислотой,—но уже очень скоро обратятся въ кусокъ льда. Основываясь на этомъ принципѣ, Карре устроилъ аппаратъ, позволяющій получить въ теченіе нѣсколькихъ минутъ довольно значительное количество льда. Приборъ этотъ состоитъ (*фиг.* 458) изъ свинцоваго резервуара, содержащаго сѣрную кислоту, отъ котораго отходитъ двукратно согнутая трубка, сообщаемая, посредствомъ каучуковой трубки, съ графиномъ, въ который наливается вода. Съ другой стороны, резервуаръ сообщается съ воздушнымъ насосомъ. Съ коромысломъ послѣдняго соединенъ металлическій стержень, который приводитъ въ движеніе мѣшалку, погруженную въ сѣрную кислоту. Степень производимаго холода опредѣляется быстротой испаренія, испареніе же, очевидно, совершается тѣмъ быстрѣе, чѣмъ меньшее количество паровъ содержится въ окружающей атмосферѣ; другими словами, значительное пониженіе температуры необходимо, чтобы водяные пары по мѣрѣ своего образованія куда-нибудь исчезали: въ опытѣ Лесли они и поглощаются сѣрной кислотой. Быстрота испаренія увеличивается также при увеличеніи поверхности соприкосновенія жидкости съ окружающей атмосферой; оттого-то мы чувствуемъ холодъ по выходѣ изъ ванны, когда все наше тѣло влажно.


Фиг. 459.

Въ совершенно спокойномъ воздухѣ испареніе происходитъ медленно, потому что соприкасающійся съ жидкостью слой воздуха весьма скоро насыщается парами. Движеніе воздуха, наоборотъ, ускоряетъ испареніе; такъ, при порядочномъ вѣтрѣ земля скоро высыхаетъ отъ дождя, на вѣтру бѣлье сохнетъ быстро — тѣмъ быстрѣе, чѣмъ суше вѣтеръ. Подвергаясь дѣйствію вѣтра, вспотѣвшій человѣкъ и въ сильнѣйшій лѣтній зной можетъ весьма серьезно простудиться—вслѣдствіе энергичнаго испаренія пота съ поверхности его тѣла.

Жидкость испаряется тѣмъ легче, чѣмъ она теплѣе, во-первыхъ потому, что упругость пара возрастаетъ вмѣстѣ съ температурой, а, во-вторыхъ, потому что чѣмъ выше температура окружающей среды, тѣмъ больше предѣлъ насыщенія послѣдней.

Наиболѣе вѣрный признакъ, по которому мы знаемъ, что упругость пара въ данный моментъ наибольшая,—это—присутствіе, рядомъ съ паромъ, той жидкости, изъ части которой образовался паръ. Слѣдовательно сжиженіе газа можетъ быть достигнуто только послѣ того, какъ упругость газа достигла своей наибольшей величины: именно при такихъ условіяхъ достаточно еще малѣйшаго уменьшенія объема газа для того, чтобы послѣдній перешелъ въ жидкое состояніе, обратился въ ту жидкость, изъ которой онъ получился путемъ испаренія Можно сказать вообще, что паръ обращается въ жидкость при условіяхъ, какъ разъ обратныхъ тѣмъ, при какихъ онъ образуется. Зимою водяные пары нашихъ квартиръ, осѣдая на холодныхъ оконныхъ стеклахъ, обращаются здѣсь въ жидкое состояніе. Отъ соприкосновенія съ холоднымъ воздухомъ водяные пары, выдыхаемые нашими легкими, превращаются въ туманъ.

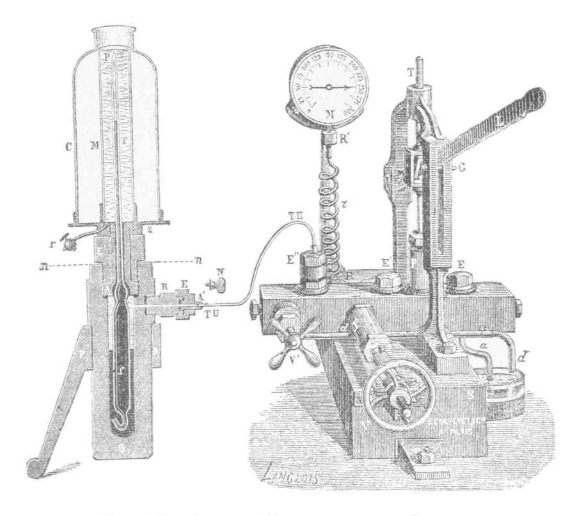
Сжиженіе паровъ, т.-е. переходъ ихъ въ жидкое состояніе, иначе называется *сгущеніемъ* ихъ. Если испареніе сопровождается поглощеніемъ теплоты, то при переходѣ пара въ жидкое состояніе теплота, наоборотъ, освобождается. На этой-то обратной отдачѣ тепла паромъ при сгущенія послѣдняго и основано столь распространенное въ настоящее время паровое отопленіе.

Всѣ безъ исключенія газы могутъ быть приведены въ жидкое состояніе или путемъ *сжатія*, или путемъ *охлажденія*, или, наконецъ обоими этими способами вмѣстѣ.

Сгущеніе газа впервые произвелъ Деви, который обратилъ въ жидкое состояніе хлоръ. Впослѣдствіи многіе газы были переведены въ жидкость Фарадеемъ.

Если наибольшая упругость газа, при достижимомъ холодѣ, меньше давленія атмосферы, то для перевода такого газа въ жидкое состояніе, его пропускаютъ чрезъ трубку, помѣщенную въ надлежащую охлодительную смѣсь и сообщающуюся съ внѣшнимъ воздухомъ. Такимъ образомъ пользуясь трубкой, окруженной льдомъ, сгущаютъ закись азота, хлорноватистую кислоту и т. д. Употребляя для охлажденія трубки смѣсь изо льда и соли, можно превратить въ жидкое состояніе сѣрнистую кислоту. Хлоръ, ціанъ и амміакъ были сгущены Дріономъ и Луаромъ, которые воспользовались для этой цѣли холодомъ быстраго испаренія жидкой сѣрнистой кислоты.

Для того, чтобы опытъ обращенія газа въ жидкость, удался, газъ долженъ быть чистымъ, ибо, находясь въ смѣси съ какимъ-либо другимъ газомъ, онъ для данной степени холода, можетъ не пріобрѣсть упругости, равной атмосферному давленію, и та упругость, до которой возможно будетъ довести этотъ газъ, легко можетъ оказаться меньше его наибольшей упругости, а при такихъ условіяхъ сжиженіе его, конечно, невозможно.



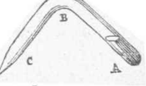
Фиг. 460.—Аппаратъ Кальете для сжижені

Путемъ внезапнаго *освобожденія газовъ отъ весьма сильнаго давленія* Кальете удавалось получать охлажденіе ихъ несравненно болѣе сильное, нежели то, какое обыкновенно достигалось употребленіемъ охладительныхъ смѣсей. Доведя давленіе на газъ до 200—300 атмосферъ, а занимаемый имъ объемъ до нѣсколькихъ кубическихъ сантиметровъ, онъ внезапно прекращалъ давленіе; благодаря этому газъ, получалъ возможность занять первоначальный объемъ, что влекло за собою появленіе тумана (т.-е жидкости) при громадномъ пониженіи темпертуры.

Вотъ, въ болѣе точныхъ словахъ, способъ Кальете. Очищенный и высушенный газъ собираютъ въ стеклянную трубку TT (*фиг.* 460), которая внизу расширяется до двухъ сантиметровъ и оканчивается крючкообразнымъ загибомъ,

а въ верхней своей части имѣетъ характеръ волосной трубки. Расположивъ трубку TT горизонтально, медленно пропускаютъ чрезъ нее, при помощи каучуковой трубки, надѣтой на загнутый конецъ, чистый и сухой газъ, который выгоняетъ изъ нея воздухъ и осушаетъ ея стѣнки. Затѣмъ тонкій конецъ запаивается на лампѣ и трубка ставится вертикально, такъ что введенная въ нее передъ тѣмъ капля ртути, опускаясь, запираетъ нижнее отверстіе. Послѣ этого трубку помѣщаютъ въ толстостѣнный желѣзный резервуаръ B со ртутью, такъ чтобы изъ резервуара выходилъ только капилярный ея конецъ. Небольшой нагнетательный (всасывающій• и вмѣстѣ толкающій) насосъ G вгоняетъ воду въ резервуаръ B, которая проталкиваетъ вверхъ находящуюся въ трубкѣ TT, каплю ртути. Послѣдняя, несмотря на свою ничтожную величину, способна выдержать огромныя давленія вслѣдствіе того, что внѣшнѣе давленіе постоянно уравновѣшивается внутреннимъ давленіемъ въ трубкѣ. Когда газъ вталкивается такимъ образомъ въ капилярную часть трубки, причемъ упругость его (показываемая металлическимъ манометромъ M) можетъ сдѣлаться больше 300 атмосферъ, открываютъ кранъ U', благодаря чему вода вырываясь изъ резервуара, вытекаетъ чрезъ трубку *d*, и манометръ тотчасъ же падаетъ до одной атмосферы, газъ же, внезапно, освободившись отъ давленія, обращается въ жидкость: въ трубкѣ появляется туманъ. Для охлажденія газа, нагрѣвающагося отъ сжатія, трубку окружаютъ цилиндромъ съ холодной водой, который обнимаютъ еще большимъ колпакомъ C, для предохраненія экспериментатора отъ опасности въ случаѣ взрыва.

Этимъ способомъ Кальете (въ 1877 г.) привелъ въ жидкое состояніе кислородъ, водородъ, азотъ, окись углерода, азотноватый ангидритъ и этиленъ, — газы, ранѣе считавшіеся *постоянными*, т.-е. несгущаемыми.



Фиг. 460. Трубка Фарадея.

До сихъ поръ мы говорили о сгущеніи газовъ путемъ охлажденія; теперь обратимся къ сгущенію посредствомъ сжатія. Не прибѣгая къ дѣйствію внезапнаго прекращенія сжатія, Кальете, при помощи вышеописаннаго прибора, однимъ только сжатіемъ привелъ въ жидкое состояніе сѣрнистый и угольный ангидриды, закись азота и нѣкоторые другіе газы.

Бертело подвергаетъ газъ огромному давленію при помощи простого, но весьма остроумнаго пріема. Именно, онъ вгоняетъ газъ въ трубку большого ртутнаго термометра и затѣмъ, помѣстивъ верхнюю часть термометра въ охладительную смѣсь, нагрѣваетъ его резервуаръ; отъ этого ртуть поднимается вверхъ и сжимаетъ содержащійся въ трубкѣ газъ. Предѣлъ, до котораго можетъ быть доведено сжатіе, опредѣляется крѣпостью трубки; Бертело произвелъ рядъ такихъ опытовъ, пользуясь термометрами, выдерживавшими давленіе свыше 800 атмосферъ.

Можно произвести сжатіе газа и инымъ путемъ—накачивая его посредствомъ нагнетательнаго насоса въ пріемникъ съ крѣпкими стѣнками. Фарадей производилъ сгущеніе освобождая путемъ соотвѣтствующихъ химическихъ реакцій газы въ большомъ и совершенно замкнутомъ пространствѣ. Тотъ же результатъ даетъ и *диссоціація* *). Мысль о превращеніи газовъ въ жидкое состояніе путемъ образованія ихъ въ чрезмѣрно большомъ количествѣ принадлежитъ Деви, но впервые она была выполнена Фарадеемъ. Если требуется превратить въ жидкость, напр., амміачный газъ, то пользуются изогнутой трубкой (*фиг.* 461) съ весьма толстыми стѣнками, одинъ конецъ которой A, запаянъ. Въ открытую вѣтвь C, вводятъ твердое соединеніе амміака съ хлористымъ серебромъ, послѣ чего конецъ этой вѣтви запаиваютъ. Затѣмъ вѣтвь C нагрѣваютъ, охлаждая въ то же время другой конецъ A. Тогда хлористое серебро освобождаетъ поглощенный имъ

*) Раззореніе тѣла, ограничиваемое, для каждой температуры, извѣстной опредѣленной упругостью освобожденнаго газа.

ранѣе амміакъ, въ количествѣ, могущемъ занять объемъ, въ нѣсколько разъ большій объема серебряной соли; но такъ какъ, пространство, въ которомъ должно помѣститься выдѣлившійся газъ, слишкомъ мало, то онъ испытываетъ сильнѣйшее сжатіе, пріобрѣтаетъ свою наибольшую упругость, что̀, вмѣстѣ съ охлажденіемъ вѣтви A, обусловливаетъ появленіе жидкости въ этой послѣдней—сгущеніе амміака. Подобнымъ же образомъ можетъ быть превращена въ жидкость и углекислота: углекислый газъ, выдѣляющійся при дѣйствіи сѣрной кислоты на углеизвестковую соль, проводится въ сосудъ, назначенный для сгущенія и играющій ту же роль, какъ охлаждаемая вѣтвь Фарадеевской трубки. Если открыть сгуститель, то жидкая углекислота начнетъ улетучиваться, и отъ дѣйствія холода, произведеннаго испареніемъ нѣкоторой части ея, остальная углекислота будетъ превращена въ твердое тѣло—губчатую снѣгообразную массу, отличающуюся малой теплопроводностью и не имѣющую наклонности быстро испаряться на воздухѣ. Подобная углекислота, существующая и въ продажѣ въ видѣ кусковъ, завернутыхъ въ вату, служитъ превосходнымъ средствомъ для приготовленія охладительныхъ смѣсей.

Употребляя сильное сжатіе вмѣстѣ съ охлажденіемъ, Пикте, въ Женевѣ, одновременно съ Кальете и независимо отъ него, превратилъ въ жидкое состояніе газы, которые ранѣе считались постоянными.

Пріобрѣтенныхъ нами до сихъ поръ свѣдѣній о общемъ характерѣ термическихъ явленій достаточно для того, чтобы мы могли перейти къ опредѣленію свойствъ теплоты. Ощущенія тепла и холода не могутъ служить намъ надежнымъ руководствомъ при изученіи тепловыхъ явленій. Здѣсь необходимо пользоваться объективнымъ и точнымъ мѣриломъ степени теплоты, присущей изучаемому тѣлу въ данный моментъ. Такимъ мѣриломъ является *температура*. Когда тѣло дѣлается теплѣе, чѣмъ оно было въ опредѣленный моментъ, мы говоримъ, что *температура его повышается*; наоборотъ, когда мы говоримъ, что *температура* какого-либо тѣла *понижается*, мы хотимъ сказать, что тѣло это дѣлается холоднѣе прежняго; наконецъ, если тѣло въ теченіе извѣстнаго времени сохраняетъ одну и ту же степень тепла,—не нагрѣвается и не охлаждается, мы говоримъ, что температура тѣла въ разсматриваемое время остается *постоянною*.

Если помѣстить нѣсколько тѣлъ съ различной температурой въ такое пространство, которое въ теченіе нужнаго для опыта времени поддерживается при одной и той же температурѣ, то тѣла болѣе теплыя станутъ охлаждаться, а болѣе холодныя—нагрѣваться, и это будетъ продолжаться до того момента, пока всѣ тѣла не примутъ одинаковой температуры, и именно температуры окружающей ихъ среды. Это значитъ, что, стремясь къ тепловому равновѣсію, тѣла болѣе теплыя, т.-е. съ болѣе высокой температурой, отдаютъ часть своей теплоты тѣламъ менѣе теплымъ, т.-е. съ низшей температурой. Такимъ образомъ температура опредѣляетъ обмѣнъ тепла между различными тѣлами.

Мы видѣли ранѣе, что при нагрѣваніи тѣла расширяются, а при охлажденіи—сжимаются. Выражаясь болѣе точно, нужно сказать, что *объемъ большинства тѣлъ, если только видъ ихъ и испытываемое ими внутреннее давленіе остаются неизмѣнными, будетъ тѣмъ больше, чѣмъ выше ихъ температура*.

Положимъ, что мы имѣемъ баллонъ, наполненный какой-нибудь жидкостью, которая поднимается въ высокую и узкую трубку, отходящую отъ баллона. Наблюдая этотъ приборъ на воздухѣ въ теченіе нѣкотораго времени, видимъ, что въ различные моменты высота стоянія жидкости въ трубкѣ неодинакова,—другими словами, что объемъ жидкости измѣняется. Это значитъ, что температура атмосфернаго воздуха не остается постоянною въ продолженіе опыта, что она не можетъ служить мѣриломъ для сравненія между собою различныхъ температуръ. Но если тотъ же приборъ помѣстить въ тающій ледъ, то жидкость скоро станетъ на извѣстномъ уровнѣ, который она будетъ сохранять неизмѣнно въ теченіе какого угодно времени, какъ бы при этомъ ни измѣнялась температура окружающаго воздуха. Это выражаютъ, говоря что *температура таянія*

льда постоянна. Но постоянная температура плавленія свойственна не одному льду а и всѣмъ прочимъ тѣламъ; поэтому можно сказать, что *температура тѣла, подвергающагося плавленію, остается одинаковой во все время плавленія.* Разумѣется только, что температура плавленія различна для различныхъ тѣлъ.

Постоянную температуру представляетъ и другое явленіе. Помѣщая нашъ снарядъ въ пары, являющіеся при кипѣніи какой-либо жидкости, мы убѣждаемся въ томъ, что уровень жидкости въ трубкѣ остается и въ этомъ случаѣ неизмѣннымъ. Это приводитъ къ слѣдующему закону: *одна и та же жидкость въ однихъ и тѣхъ же условіяхъ всегда начинаетъ кипѣть при одной и той же температурѣ, и эта температура остается одинаковой во все время кипѣнія.* Уже одно это даетъ намъ рядъ постоянныхъ температуръ, но такъ какъ, кромѣ того, температура паровъ, насыщающихъ пространство зависитъ не только отъ природы испаряющейся жидкости, но и отъ давленія окружающей атмосферы, а именно температура эта тѣмъ выше, чѣмъ больше давленіе окружающей атмосферы, то мы получаемъ *непрерывный* и безконечный *рядъ постоянныхъ* температуръ.

Какъ мы уже знаемъ, объемъ, занимаемый тѣломъ, можетъ показывать его температуру. Но будучи помѣщено въ ту или другую среду, всякое тѣло, по истеченіи извѣстнаго времени, принимаетъ температуру этой среды, такъ что, если извѣстна температура тѣла, то извѣстна вмѣстѣ съ тѣмъ и температура окружающей его среды. Въ этомъ-то и состоитъ идея *термометра.* Такимъ образомъ, *термометръ есть* не что иное, какъ *система, показывающая свою собственную температуру, а въ то же время и температуру среды, въ которой эта система находится въ равновѣсіи.*

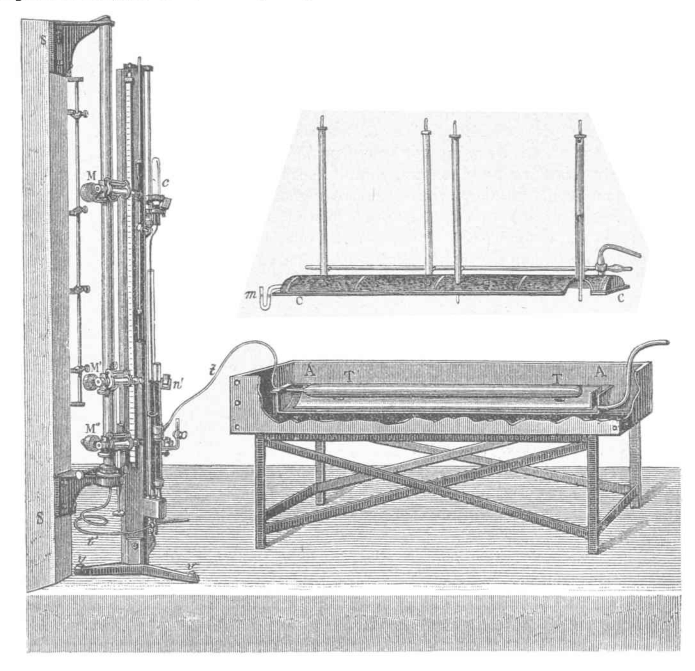
Первыя указанія на термометръ мы, какъ кажется, встрѣчаемъ у Ванъ-Гельмонта, который въ началѣ XVII столѣтія, описываетъ приборъ, состоящій изъ полаго шара, отъ котораго отходитъ стеклянная трубка; на повышеніе температуры указывалъ подъемъ, а на пониженіе ея—опущеніе воды въ этой трубкѣ. Изобрѣтеніе термометра относятъ къ началу XVII столѣтія и приписываютъ Корнелію Дреббелю. Термометръ послѣдняго состоялъ изъ стекляннаго шара, продолжавшагося въ вертикальную трубку, погруженную въ сосудъ съ подкисленной водой. Шаръ наполнялся слегка разрѣженнымъ воздухомъ; въ въ противодѣйствіе холоду подкисленная вода поднималась до той или иной высоты, смотря по температурѣ. Но въ такомъ видѣ термометръ Дреббеля былъ чувствителенъ къ измѣненіямъ атмосфернаго давленія, существованіе котораго тогда еще не знали.

Первый термометръ съ жидкостью—именно спиртовой былъ устроенъ флорентинскими академиками.

Для приготовленія термометровъ годятся далеко не всѣ тѣла. Не годятся, во-первыхъ, тѣ, которыя представляютъ минимальный объемъ при извѣстной температурѣ, ибо у такихъ тѣлъ объемъ долженъ быть одинаковымъ при двухъ различныхъ температурахъ; образцомъ подобныхъ тѣлъ служитъ вода; во-вторыхъ, для термометровъ нельзя брать такихъ веществъ, которыя отъ теплоты измѣняются химически; въ-третьихъ, наконецъ, не годятся тѣ, которыя при нагрѣваніи измѣняются механически. При быстромъ нагрѣваніи или охлажденіи большая часть твердыхъ тѣлъ — въ частности металлы и стекло испытываютъ родъ закалки, измѣняющей строеніе молекулъ. Такъ, напр., если измѣрить длину стекляннаго стержня по погруженіи его въ тающій ледъ изъ обыкновенной температуры и послѣ нагрѣванія, то найдемъ величины неодинаковыя; для того, чтобы длина предварительно нагрѣтаго стержня сдѣлалась равна длинѣ ненагрѣтаго, требуется нерѣдко весьма продолжительное время. Жидкости и газы не представляютъ этого неудобства, но зато они должны быть помѣщаемы въ твердыя оболочки, которыя своимъ неправильнымъ расширеніемъ, дающимъ неодинаковую емкость при двухъ одинаковыхъ температурахъ, въ большей или меньшей степени умаляютъ точность показаній термометра. Но жидкости расширя-

ются больше, чѣмъ тѣла твердыя, а газы—болѣе, чѣмъ жидкости, такъ что значеніе только-что указаннаго источника ошибокъ при термометрическихъ наблюденіяхъ, невеликое уже для жидкостей, оказывается еще меньшимъ въ случаѣ употребленія для термометровъ газообразныхъ тѣлъ.

Обратимся теперь къ градуированію термометровъ и къ сравненію температуръ. Въ прежнее время *термометрическія скалы* были совершенно произвольны и каждый ученый градуировалъ термометръ по своему: одни принимали за нуль ту точку, на которой останавливался спиртъ въ суровый зимній холодъ, другіе, какъ напр., флорентинскіе академики,—температуру, наблюдавшуюся въ погребахъ академической обсерваторіи. Что же касается до наивысшей точки



Фиг. 462.—Образцовый (водородный) термометръ въ международномъ бюро вѣсовъ и мѣръ.

скалы, то одни помѣщали ее на томъ уровнѣ, какого достигалъ спиртъ при дѣйствіи на термометръ солнечныхъ лучей, а другіе — на томъ уровнѣ, до какого доходилъ спиртъ, когда термометръ держалъ въ рукахъ „горячечный" больной.

Точку таянія льда, какъ *постоянную*, впервые указалъ Робертъ Бойль, въ срединѣ XVII столѣтія. Въ 1701 г. Ньютонъ устроилъ масляный термометръ (онъ употребилъ для этой цѣли льняное масло), принявъ за шесть постоянныхъ точекъ температуры: 1) таянія льда, 2) человѣческой крови, 3) таянія воска, 4) кипѣнія воды, 5) плавленія сплава изъ свинца, олова и висмута и 6) плавленія свинца.

Очевидно, что при произвольномъ градуированіи термометры являются несравнимыми между собою, такъ какъ различные термометры даютъ различныя показанія при одной и той же температурѣ: для того, чтобы термометры были

сравнимы, прежде всего необходима *единообразная скала*. Во Франціи и въ большей части другихъ государствъ принята *стоградусная скала*. За нулевую температуру принимаютъ температуру таянія льда, а температуру паровъ чистой кипящей воды, при давленіи столба ртути въ 76 сантиметровъ, помѣщеннаго въ тающій ледъ, обозначаютъ на термометрѣ числомъ 100. Въ этой скалѣ *градусомъ* называется сотая часть величины расширенія тѣла при переходѣ его отъ температуры 0 къ температурѣ 100. Сто градусная скала впервые была предложена Цельсіемъ, который сознаъ необходимость двухъ постоянныхъ точекъ; за такія точки онъ принялъ температуры таянія льда и паровъ кипящей воды. Фаренгейтъ, въ 1714 г., устроилъ сравнимый термометръ, употребивъ для этой цѣли спиртъ, который онъ нѣсколько времени спустя замѣнилъ ртутью; въ этомъ термометрѣ 0 обозначаетъ температуру смѣси опредѣленныхъ количествъ тающаго льда и поваренной соли, температуру кипящей воды обозначаетъ число 212, а температурѣ таянія льда соттвѣтствуютъ 32°. Въ 1730 г. устроилъ свой термометръ Реомюръ, выбравшій для этого разведенный спиртъ; въ его скалѣ 0 соотвѣтствуетъ температурѣ таянія льда, а температуру кипѣнія воды обозначаетъ число 80.

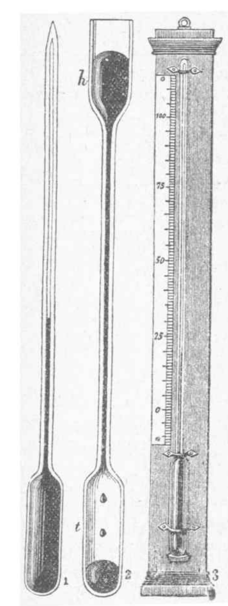
Вышеуказанное опредѣленіе *градуса* не можетъ быть приложено къ газовымъ термометрамъ въ томъ самомъ видѣ, какъ оно было выражено, когда рѣчь шла о термометрѣ съ жидкостью. Какъ мы знаемъ, газы подчиняются закону Маріотта, состоящему въ томъ, что при постоянныхъ массѣ и температурѣ объемъ газа измѣняется обратно пропорціонально давленію. Но условія, необходимыя для возможности непосредственнаго наблюденія измѣненія объема газа въ зависимости отъ измѣненія температуры при сохраненіи газомъ своей первоначальной массы,—эти условія весьма трудно выполнимы.

Поэтому газовые термометры устраиваются такъ, чтобы показанія ихъ были основаны на измѣненіи упругости, а не объема газа; этого достигаютъ тѣмъ, что массу газа стремятся поддерживать постоянною, благодаря чему упругость его измѣняется въ зависимости отъ измѣненія температуры по тому же закону, какому слѣдуетъ измѣненіе объема при постоянной упругости. Такимъ образомъ, *градусомъ* здѣсь называется сотая часть величины измѣненія упругости разсматриваемаго газа при переходѣ его отъ постоянной точки, обозначенной нулемъ, къ той постоянной точкѣ, которой соотвѣтствуетъ число 100.

Никто не станетъ сомнѣваться въ томъ, что всѣ стоградусные термометры будутъ давать одинаковыя показанія какъ въ тающемъ льдѣ, такъ и въ парахъ кипящей воды, но можно ли быть увѣреннымъ въ томъ, что величина градуса будетъ оставаться одной и той же, какое бы тѣло ни употреблять для приготовленія термометра? Можно ли думать, что при той температурѣ, при которой ртутный термометръ показываетъ 20°, то же число 20 будутъ показывать и термометры спиртовой, воздушный и изъ углекислаго газа? Опытъ показываетъ, что такихъ согласныхъ показаній не бываетъ, причемъ разница въ показаніяхъ различныхъ термометровъ оказывается тѣмъ значительнѣе, чѣмъ выше температура во время наблюденія. Эта разница объясняется тѣмъ, что твердыя и жидкія тѣла расширяются по различнымъ законамъ, измѣняющимся съ температурой даже для одного и того же тѣла. Газы, которые, какъ мы видѣли, всѣ подчиняются одному и тому же закону расширенія, должны были бы, слѣдовательно, давать термометры, вполнѣ сравнимые при всякой температурѣ. Однакоже, на дѣлѣ и газовые термометры являются далеко не совершенными, благодаря тому, что мы опредѣляемъ температуру по измѣненію упругости при постоянномъ объемѣ, а не по измѣненію объема газа; измѣненіе же упругости не слѣдуетъ строго закону Маріотта, причемъ уклоненіе отъ названнаго закона опредѣляется температурой и давленіемъ.

Такимъ образомъ, совершенно необходимо имѣть нормальный термометръ, къ которому могли бы быть проводимы показанія всякаго другаго термометра: такія, приведенныя къ нормальному термометру, показанія будутъ уже сравнимы между собою. Благодаря цѣлому ряду точныхъ изслѣдованій, Реньо убѣдился,

что воздухъ, азотъ и водородъ довольно строго подчиняются закону Маріотта въ широкихъ предѣлахъ, а потому онъ принялъ за нормальный термометръ — термометръ воздушный. Шапюи, повторившій опыты Реньо, съ своей стороны устроилъ образцовый термометръ, употребивъ для этого водородный газъ. На этомъ основаніи международный комитетъ вѣса и мѣры принялъ за *нормальный стоградусный термометръ*—термометръ водородный, двѣ постоянныя точки котораго соотвѣтствуютъ температурамъ тающаго льда и паровъ дестиллированной кипящей воды при давленіи, производимомъ столбомъ ртути въ 76 сантиметровъ, имѣющимъ температуру тающаго льда, при уровнѣ моря и 45° широты; первоначальная же упругость водорода должна быть равна ртутному столбу въ 1 метръ, т.-е. 0,013158 нормальнаго атмосфернаго давленія. Согласно этому, *нормальнымъ градусомъ должна называться сотая часть величины измѣненія упругости водорода, взятаго при вышеуказанныхъ условіяхъ, вслѣдствіе повышенія температуры съ 0° до 100°*. Упомянутый *образцовый термометръ* изображенъ на фигурѣ 462. Сдѣланный изъ иридистой платины цилиндрическій резурвуаръ TT′, емкостью приблизительно въ литръ, помѣщенъ въ открытомъ ящикѣ съ двойными стѣнками; смотря по желанію, кладутъ въ этотъ ящикъ тающій ледъ, или пропускаютъ чрезъ него водяные пары или струю кипящей воды, температура которой поддерживается постоянною при помощи мѣшалокъ. Резервуаръ посредствомъ тоненькой трубки *t* соединенъ съ манометромъ *c*. Для приготовленія термометровъ газы всего болѣе пригодны: съ одной стороны, благодаря ихъ значительной расширяемости (въ 140 разъ превосходящей расширяемость стекла) можно пренебрегать той неточностью, которая зависитъ отъ измѣненія емкости оболочки, а съ другой—нарастаніе объема газа при нагрѣваніи идетъ почти совершенно равномѣрно. Но такъ какъ объемъ газа зависитъ не только отъ его температуры, но и отъ его упругости, то при газовомъ термометрѣ необходимо долженъ быть и манометръ, а для того, чтобы получить достаточно чувствительный снарядъ, приходится выполнить цѣлый рядъ весьма деликатныхъ операцій. Въ виду этого подобный инструментъ можетъ быть употребляемъ только въ качествѣ образцоваго, но никоимъ образомъ для текущихъ наблюденій. Для послѣднихъ же типическимъ приборомъ, къ которому должны приводиться всѣ другіе, принятъ *ртутный термометръ* (*фиг.* 463), отношеніе котораго къ температурѣ разъ навсегда изучено и сравнено съ такимъ же отношеніемъ нормальнаго термометра. Ртуть выбрана потому, что, во-первыхъ, ее легко получить химически чистою, благодаря чему для всѣхъ термометровъ можно брать одно и то же вещество; во-вторыхъ, она расширяется весьма правильно и относится къ температурѣ подобно водородному термометру; въ-третьихъ, наконецъ, она быстро принимаетъ температуру той среды, въ которую ее помѣщаютъ въ данный моментъ.



Фиг. 463.
Ртутный термометръ.

Ртутный термометръ Цельсія состоитъ изъ стекляннаго цилиндрическо-коническаго резервуара, продолжающагося въ трубку съ весьма малымъ просвѣтомъ, которая раздѣлена на части равной емкости по стоградусной скалѣ, нулевое дѣленіе которой соотвѣтствуетъ уровню ртути въ трубкѣ при температурѣ таянія льда, а сотое—температурѣ паровъ кипящей воды при давленіи ртутнаго столба въ 76 сантиметровъ.

Термометръ долженъ быть *чувствительнымъ*. Различаютъ два рода чувстви-

тельности; первый состоитъ въ быстротѣ принятія термометромъ окружающей температуры: такой чувствительностью обладаетъ термометръ, резервуаръ котораго имѣетъ значительную внѣшнюю поверхность при весьма маломъ количествѣ ртути; второй родъ чувствительности опредѣляется величиной перемѣщенія ртути въ трубкѣ; эта величина зависитъ отъ емкости резервуара; чѣмъ больше эта ёмкость, тѣмъ, при прочихъ равныхъ условіяхъ, больше величина столба ртути, соотвѣтствующаго одному градусу; но такъ какъ при большой массѣ ртути въ резервуарѣ термометръ не обладалъ бы чувствительностью перваго рода, то внутренній діаметръ капиллярной трубки дѣлаютъ возможно меньшимъ; этимъ выполняются условія, необходимыя для сообщенія термометру и той, и другой чувствительности.

Само собою разумѣется, что степень чувствительности, придаваемая тому или иному термометру, опредѣляется характеромъ тѣхъ наблюденій, для которыхъ инструментъ предназначается; такъ, напр., термометры, употребляющіеся при термохимическихъ наблюденіяхъ, позволяютъ опредѣлить разницу въ одну двухсотую часть градуса; это достигается тѣмъ, что у подобныхъ термометровъ трубка представляетъ одно или нѣсколько расширеній, благодаря которымъ вся узкая часть трубки занята всего лишь нѣсколькими дѣленіями; при этомъ протяженіе цѣлаго градуса должно быть очень большимъ, что и даетъ возможность подраздѣлить каждый градусъ на весьма большое число частей.

Дѣленія должны быть вытравлены на термометрической трубкѣ кислотою; алмазъ сдѣлалъ бы трубку на столько хрупкою, что она не выдержала бы и первой быстрой перемѣны температуры.

Теперь намъ необходимо узнать, сравнимы ли между собою показанія одного и того же ртутнаго термометра, измѣняются ли они съ теченіемъ времени и даютъ ли различные ртутные термометры согласныя показанія. На эти вопросы отвѣтитъ намъ опытъ.

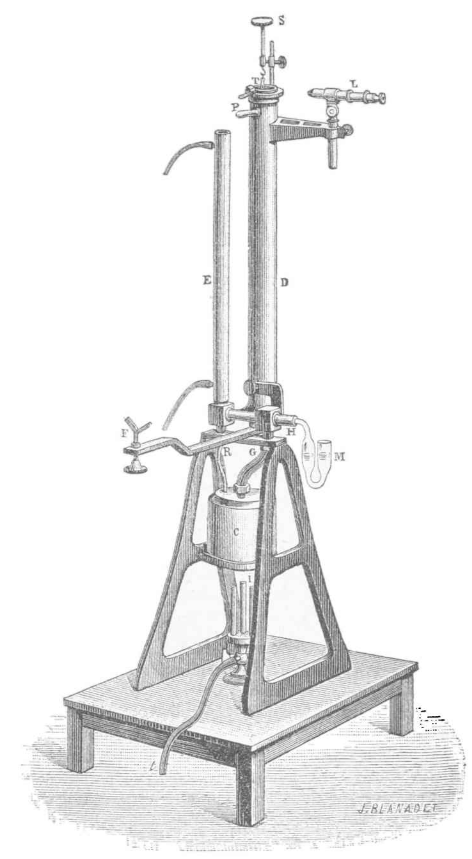
Въ прежнее время казалось, что несогласныя показанія даютъ не только такіе ртутные термометры, оболочки которыхъ сдѣланы изъ различнаго стекла, но и термометры съ совершенно одинаково отлитыми оболочками; болѣе того, нулевая точка скалы перемѣщалась и притомъ настолько капризно, что законъ ея перемѣщенія не могъ быть найденъ теоретическимъ путемъ. При этомъ, когда опредѣляли нуль скалы и затѣмъ, нагрѣвая термометръ, снова погружали его въ тающій ледъ, то точка таянія льда оказывалась поднявшейся, т.-е. термометръ показывалъ больше, чѣмъ въ первый разъ. Это называли *перемѣщеніемъ* нуля. Указанное перемѣщеніе бывало различное—въ различное время и при различныхъ температурахъ, такъ что ртутный термометръ ни въ какомъ случаѣ не могъ считаться точнымъ инструментомъ. Но впослѣдствіи Гильомъ показалъ, что если показанія ртутнаго термометра опредѣлять съ извѣстными предосторожностями, то такой термометръ будетъ вполнѣ сравнимъ съ водороднымъ.

Необходимо было найти точную величину градуса. Для этого онъ отмѣтилъ уровень ртути въ парахъ чистой кипящей воды при давленіи 76 сантим. и тотчасъ же послѣ этого опредѣлилъ положеніе нуля черезъ погруженіе инструмента въ тающій ледъ. Сотая часть величины сокращенія ртутнаго столба и показала точную величину градуса. Другими словами, еслибы, вновь опредѣляя въ какой-нибудь моментъ обѣ постоянныя точки, мы и нашли, что онѣ перемѣстились, то величина градуса, разсматриваемая какъ сотая часть величины сокращенія ртутнаго столба, оказалось бы совершенно такою же, какою она была найдена первоначально. Такимъ образомъ, можно сказать, что между обѣими, почти одновременно опредѣленными постоянными точками термометрической трубки, раздѣленной на части равной ёмкости, всегда содержится одинаковое число дѣленій, хотя бы постоянныя точки и перемѣстились.

Для того, чтобы точно опредѣлить температуру какой-нибудь среды въ градусахъ, замѣчаютъ сперва дѣленіе, на какомъ стала ртуть въ данной средѣ, затѣмъ термометръ погружаютъ въ тающій ледъ и замѣчаютъ дѣленіе, соотвѣт-

ствующее этому моменту. Отсюда уже легко опредѣлить число градусовъ, показывающее температуру среды. При подобныхъ опредѣленіяхъ температуры, ртутные термометры будутъ *сравнимы между собою* и всякій инструментъ будетъ также *сравнимъ съ самимъ собою*, т.-е. будетъ *точнымъ*. Перемѣщеніе постоянныхъ точекъ объясняется измѣненіями, происходящими въ строеніи стекла и зависящими отъ времени и температуры.

Посмотримъ теперь, какъ приготовляются точные термометры. Изъ многихъ трубокъ одной и той же отливки строитель выбираетъ такую, у которой просвѣтъ представляется наиболѣе правильнымъ. Чтобы убѣдиться въ томъ, что трубка по всей своей длинѣ имѣетъ одинаковое сѣченіе, внутри ея проводятъ маленькій ртутный столбикъ и смотрятъ, сохраняетъ ли онъ одну и ту же длину во все время движенія отъ одного конца трубки до другого. Трубка считается пригодной, если длина столбика измѣняется при этомъ не болѣе, какъ на $^1/_{30}$. Выбранную такимъ образомъ трубку градуируютъ, т.-е. дѣлятъ по всей длинѣ на равныя части; первое дѣленіе со стороны резервуара обозначаютъ нулемъ и затѣмъ противъ соотвѣтствія ихъ дѣленій выставляютъ числа 10, 20 и т. д. Тогда получаютъ *произвольную скалу*. Дѣленія вытравляются на трубкѣ плавиковой кислотой; они должны быть отчетливы, тонки и правильно расположены. На одномъ концѣ трубки выдуваютъ резервуаръ (*фиг.* 463), а къ другому припаиваютъ небольшой открытый баллонъ, вытянутый у отверстія въ тонкую заостренную трубочку. При выборѣ емкости резервуара руковод-



Фиг. 464.—Опредѣленіе точки 100 термометра (температуры паровъ кипящей воды).

ствуются желаемой длиною градуса.

Слегка нагрѣвши баллонъ, погружаютъ заостренную трубочку въ сосудъ съ чистою ртутью. Вслѣдствіе того, что воздухъ, содержащійся въ баллонѣ, по охлажденіи сожмется, атмосферное давленіе вгонитъ въ баллонъ нѣкоторое количество ртути, затѣмъ термометрическую трубку кладутъ на наклонной рѣшеткѣ

и равномѣрно нагрѣваютъ резервуаръ и баллонъ; когда, по охлажденіи, ртуть войдетъ въ резервуаръ, послѣдній снова нагрѣваютъ, на этотъ разъ до кипѣнія ртути; отдѣляющіеся при этомъ ртутные пары выгоняютъ воздухъ изъ трубки, такъ что по охлажденіи послѣдней, ртуть изъ сосуда, устремляясь, наполняетъ её вмѣстѣ съ резервуаромъ. Въ приборѣ оставляютъ, однако, не всю вошедшую въ него ртуть, а лишь количество, соотвѣтствующее наивысшей температурѣ, до какой предполагается вести наблюденія съ даннымъ термометромъ. Затѣмъ баллонъ отламываютъ, и трубку запаиваютъ, оставивъ въ ней слѣды воздуха, позволяющіе выдуть на верхнемъ ея концѣ шарикъ—такъ называемую запасную термометрическую камеру, предохраняющую инструментъ отъ разрыва въ случаѣ нагрѣванія его до температуры высшей, чѣмъ температура, для него предѣльная. Въ такомъ видѣ термометръ отсылается въ международное бюро вѣса и мѣры, гдѣ его сравниваютъ съ нормальнымъ термометромъ и находятъ истинныя значенія для каждаго изъ его дѣленій. Сперва опредѣляютъ дѣленіе, соотвѣтствующее 100°. Для этого термометръ погружаютъ въ паровую ванну (*фиг.* 464). Водяные пары изъ котла *c* поднимаются вверхъ по цилиндру D, въ которомъ помѣщается термометръ T, и затѣмъ проходятъ чрезъ змѣевикъ, въ которомъ сгущаются въ воду, выливающуюся обратно въ котелъ.

Одинаковая высота ртути въ обоихъ колѣнахъ открытаго манометра M показываетъ, что упругость паровъ равна при этомъ давленію атмосферы. Въ паровую ванну термометръ погружается такъ, чтобы уровень ртути въ ней стоялъ нѣсколько выше верхняго края цилиндра. Этотъ уровень разсматриваютъ въ зрительную трубку, ось которой установлена перпендикулярно къ термометрической трубкѣ (такая установка узнается по тому, что при поворачиваніи термометра около его продольной оси наблюдатель видитъ постоянно одно и то же дѣленіе; для того, чтобы явленія были видимы при всякомъ положеніи термометра, они и должны, какъ было указано выше, просвѣчивать сквозь всю толщу трубки), и такимъ образомъ опредѣляютъ дѣленіе, соотвѣтствующее температурѣ паровъ воды, кипящей при давленіи 76 сантиметровъ ртутнаго столба. Какъ мы увидимъ впослѣдствіи, опытъ показываетъ, что при возрастаніи высоты барометра на 2,7 сантим. температура кипѣнія возрастаетъ на 1° (это относится, однако-же, только къ незначительнымъ барометрическимъ разностямъ); на основаніи этого легко опредѣлить точку кипѣнія, соотвѣтствующую какому-либо иному давленію, незначительно разнящемуся отъ 76 сантим.

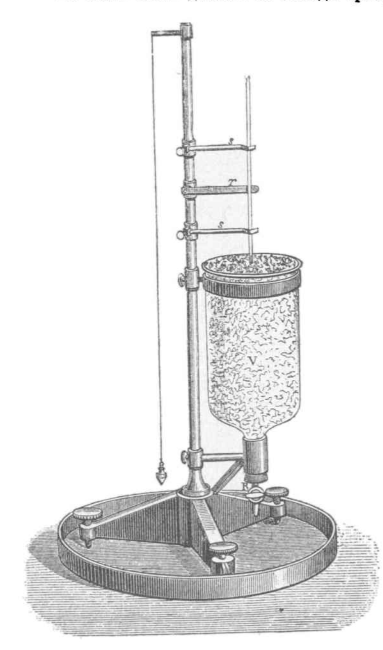
При помощи ручки P цилиндрическую ванну вмѣстѣ съ помѣщеннымъ въ ней термометромъ располагаютъ горизонтально на вилкѣ T. Такое положеніе термометра при опредѣленіи точки кипѣнія необходимо для того, чтобы избѣгнуть ошибки, проистекающей, въ случаѣ вертикальной установки термометра, отъ давленія ртутнаго столба на стѣнки резервуара; вслѣдствіе такого давленія полость резервуара расширяется, что при тонкомъ стволѣ влечетъ за собою ошибку (именно пониженіе уровня ртути) на нѣсколько дѣленій. Въ этомъ легко убѣдиться, поставивъ ванну вертикально. Горизонтальное положеніе термометра необходимо не только въ этомъ случаѣ, но и вообще при всякомъ точномъ опредѣленіи температуры. Опредѣливъ точку кипѣнія, тотчасъ же погружаютъ термометръ въ сосудъ V съ мелко истолченнымъ льдомъ, при чемъ инструментъ, однако-же, не устанавливается горизонтально, такъ какъ, во-первыхъ, ошибка не можетъ быть сколько-нибудь значительной, такъ какъ уровень ртути при температурѣ таянія льда почти совпадаетъ съ началомъ ствола. Когда уровень ртути устанавливается окончательно, термометръ нѣсколько выдвигаютъ изо-льда и смотрятъ издали, какому дѣленію соотвѣтствуетъ установившійся уровень; при этомъ также поворачиваютъ термометръ около его продольной оси и стремятся, чтобы при всякомъ положеніи его въ трубку было видимо одно и то же дѣленіе (признакъ, что ось трубки перпендикулярна къ стволу термометра).

Такимъ образомъ опредѣленный промежутокъ 0°—100° является независи-

мымъ отъ природы стекла, взятаго для приготовленія термометра, и отъ временно наблюдающихся въ немъ измѣненій. Если же извѣстенъ этотъ промежутокъ, то легко опредѣлить и емкость каждаго дѣленія, принявъ за единицу сотую часть промежутка 0⁰—100⁰. Указаннымъ путемъ составляется термометрическая таблица, относящая всякое показаніе инструмента къ нормальному термометру.

Для того, чтобы опредѣлить температуру той или иной среды при помощи термометра, поступаютъ такъ, какъ было указано выше, позаботившись расположить термометръ горизонтально.

Но такъ какъ далеко не всегда требуются точныя термометрическія измѣренія, то во многихъ случаяхъ можно пользоваться инструментомъ, построеннымъ гораздо проще. Выборъ трубки и наполненіе термометра производятся такъ же, какъ и въ случаѣ точныхъ инструментовъ, но опредѣленіе постоянныхъ точекъ дѣлается безъ особыхъ предосторожностей, и раздѣленіе промежутка между ними на 100 равныхъ частей прямо даетъ скалу въ градусахъ. Для опредѣленія температуры разсматриваемой среды замѣчаютъ уровень ртути, потомъ опредѣляютъ положеніе нуля и величину перемѣщенія послѣдняго вычитаютъ изъ замѣченной ранѣе температуры.



Фиг. 465.—Опредѣленіе нулевой точки скалы термометра (температуры таянія льда).

Для весьма низкихъ температуръ ртутный термометръ не пригоденъ, то тому что при 40⁰ ниже нуля ртуть отвердѣваетъ, замерзаетъ. Въ такихъ случаяхъ пользуются спиртовымъ термометромъ, такъ какъ спиртъ не замерзаетъ даже при самой низкой изъ полученныхъ до сихъ поръ температуръ. Нуль на спиртовомъ термометрѣ опредѣляется такъ же, какъ на ртутномъ; опредѣленіе же температуры кипѣнія воды не можетъ быть сдѣлано непосредственно, такъ какъ инструментъ не способенъ выдержать температуры, высшей 80⁰. Поэтому на такомъ термометрѣ дѣлаютъ первоначально мѣтку, соотвѣтствующую какой-нибудь иной, невысокой, температурѣ, погружая его въ сосудъ съ жидкостью, температура которой показываетъ образцовый ртутный термометръ, и промежутокъ отъ нуля до этой мѣтки раздѣляютъ на столько равныхъ частей, сколько градусовъ показываетъ ртутный термометръ.

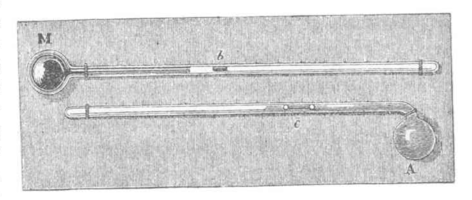
Такъ какъ спиртъ расширяется не такъ, какъ ртуть, то и спиртовой термометръ даетъ показанія, не вполнѣ согласныя съ показаніями ртутнаго; кромѣ того, различные спиртовые термометры обыкновенно даютъ различныя показанія, въ зависимости отъ способа фабрикаціи спирта, изъ котораго они сдѣланы.

При температурахъ, низшихъ—40⁰, показанія спиртового термометра являются, понятно, уже несравнимыми съ ртутнымъ термометромъ, при такихъ температурахъ уже не годнымъ.

Спиртъ можно замѣнить сѣрнистымъ углеродомъ, дающимъ, однако, довольно грубые инструменты.

Для метереологическихъ наблюденій необходимо имѣть такіе термометры, которые могли бы отмѣчать самую высшую и самую низшую температуру за опредѣленный промежутокъ времени въ данномъ мѣстѣ. Согласно указаніямъ Рутерфорда, такіе термометры устраиваются слѣдующимъ образомъ.

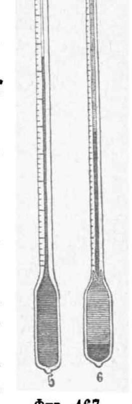
Максимальный термометръ M есть положенный горизонтально ртутный термометръ *(фиг.* 466), въ трубкѣ котораго помѣщена желѣзная иголка *b*, служащая указателемъ. Когда температура повышается, то ртуть, расширяясь, продвигаетъ указатель впередъ; при пониженіи же температуры, ртутный столбикъ, смачивающій желѣзную иглу, падаетъ, не увлекая за собой этой послѣдней. Такимъ образомъ, указатель и остается тамъ, куда онъ подвинулся при максимальной температурѣ.



Фиг. 466.—Максимальный (M) и минимальный (A) термометры Рутерфорда.

Минимальный термометръ A *(фиг.* 466) есть горизонтально расположенный спиртовой термометръ, снабженный эмалевымъ указателемъ *c*. При повышеніи температуры спиртъ поднимается въ трубкѣ, не смѣщая указателя; при пониженіи температуры сжимающаяся спиртовая колонна, силою прилипанія, увлекаетъ за собой и указатель, который останавливается въ точкѣ, соотвѣтствующей минимальной температурѣ.

Описанные термометры не могутъ быть употребляемы только тогда, когда нельзя предохранить ихъ отъ толчковъ, такъ какъ уже самаго незначительнаго толчка достаточно для того, чтобы указатели сдвинулись. Въ такихъ случаяхъ употребляютъ термометры съ истеченіемъ — Вальфердэна. Максимальный термометръ 5 *(фиг.* 463) въ верхней своей части представляетъ резервуаръ или придатокъ, содержащій нѣкоторое количество ртути; въ этомъ придаткѣ находится оттянутый конецъ термометрической трубки. Нижній резервуаръ нагрѣваютъ до тѣхъ поръ, пока не наполнится ртутью вся трубка, до верхняго резервуара, и затѣмъ, перевернувши снарядъ, такъ чтобы ртуть верхняго резервуара пришла въ соприкосновеніе съ оттянутымъ концомъ трубки, даютъ нижнему резервуару охладиться при температурѣ, низшей, нежели искомая максимальная; тогда ртуть верхняго резервуара перейдетъ въ трубку. Послѣ этого термометру придаютъ нормальное, прямое положеніе и переносятъ его въ то мѣсто, наибольшую температуру котораго желаютъ опредѣлить. Для того, чтобы узнать, какова была максимальная температура въ разсматриваемомъ мѣстѣ, термометръ этотъ погружаютъ потомъ въ ванну, температуру которой постепенно возвышаютъ до тѣхъ поръ, пока трубка опять не наполнится ртутью, такъ, какъ она наполнилась при максимальной температурѣ; тогда обыкновенный термометръ, погруженный въ ту же ванну, покажетъ искомую температуру.



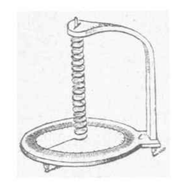
Фиг. 467. Максиминальный и минимальный термометры Вальфердэна.

Въ *минимальномъ* термометрѣ 6 *(фиг.* 467) остроконечіе волосной трубки помѣщается въ мѣстѣ перехода ствола въ нижній резервуаръ. Это термометръ спиртовой, но на днѣ нижняго резервуара находится небольшое количество ртути. Перевернувъ термометръ, его нагрѣваютъ до температуры, высшей, нежели искомая минимальная, вслѣдствіе чего въ

трубку проникаетъ нѣкоторое количество ртути. Затѣмъ термометръ возвращаютъ въ нормальное положенiе и вводятъ въ ту среду, минимальную температуру которой желаютъ измѣрить. Такъ какъ эта температура ниже той, при какой находился термометръ, когда въ трубку его вошла ртуть, то вошедшiй ртутный столбикъ сожмется и приметъ величину коротенькой иголки, помѣщающейся въ оттянутомъ концѣ волосной трубки. Для того, чтобы впослѣдствiи опредѣлить, какова была искомая минимальная температура, термометръ погружаютъ въ ванну, которая охлаждается до тѣхъ поръ, пока столбикъ ртути не сожмется до той величины, какую онъ имѣлъ при минимальной температурѣ; тогда обыкновенный термометръ, погруженный въ ту же ванну, покажетъ искомую температуру.

Только-что описанные термометры употребляются преимущественно при опредѣленiи температуры почвы на различной глубинѣ.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ желательно имѣть графическое изображенiе температурныхъ колебанiй за опредѣленный промежутокъ времени. Тогда употребляютъ *металлическiе термометры*, болѣе или менѣе сложнаго устройства. Мы опишемъ здѣсь наипростѣйшiй металлическiй термометръ Брегéта. Этотъ приборъ (*фиг.* 468) состоитъ изъ свернутой въ спираль ленты, къ нижнему концу которой припаяна горизонтальная стрѣлка, двигающаяся по циферблату. Лента состоитъ изъ трехъ полосокъ—серебряной, золотой и платиновой. Серебро, отличающееся наибольшей расширяемостью, занимаетъ внутреннюю сторону, платина—наружную, а золото находится въ серединѣ. Когда температура возвышается, спираль раскручивается; при пониженiи температуры, спираль, наоборотъ, закручивается; ясно, что направленiе движенiя стрѣлки при закручиванiи противоположно направленiю его при раскручиванiи. Этотъ приборъ отличается весьма большою чувствительностью.



Фиг. 468. Металлическiй термометръ Брегета.

Но для пригодности термометра одной чувствительности недостаточно; прежде всего необходимо, чтобы при одинаковыхъ условiяхъ онъ всегда давалъ совершенно одинаковыя показанiя. Металлическiе же термометры являются несравнимыми между собою, вслѣдствiе того, что металлы, изъ которыхъ сдѣланы различные приборы, обыкновенно имѣютъ неодинаковое молекулярное строенiе.

Для измѣренiя очень высокихъ температуръ, напр., температуры печей на фарфоровыхъ заводахъ, уже нельзя пользоваться спиртовыми и ртутными термометрами; для этой цѣли употребляютъ такъ-называемые пирометры.

Пирометръ Веджвуда (*фиг.* 469) основанъ на сжатiи глины при нагрѣванiи; сжатiе это происходитъ вслѣдствiе химическихъ измѣненiй, происходящихъ въ составныхъ частяхъ глины.

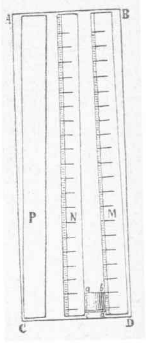
На металлической дощечкѣ расположены двѣ металлическiя линейки, образующiя между собой небольшой уголъ. Глиняный цилиндрикъ, положенный между линейками, можетъ пройти по направленiю къ вершинѣ угла тѣмъ дальше, чѣмъ больше онъ сжался, т.-е. чѣмъ большiй жаръ на него дѣйствуетъ. Этимъ-то и пользуются для опредѣленiя температуры какой-нибудь печи. Вынувъ подобный цилиндрикъ изъ испытуемой печи и давъ ему охладиться, его кладутъ между линейками и продвигаютъ по вышеуказанному направленiю. По тому дѣленiю имѣющейся на линейкахъ произвольной скалы, на которомъ цилиндромъ останавливается, опредѣляютъ, приняла-ли печь желаемую температуру. Помѣщая на одной и той же дощечкѣ три линейки, можно удлинить скалу вдвое; такимъ образомъ снарядъ можетъ имѣть небольшiе размѣры.

Для точнаго опредѣленiя высокихъ температуръ употребляются газовые термометры.

При изученiи температуры мы прежде всего встрѣтились съ расширенiемъ тѣлъ отъ нагрѣванiя. Сейчасъ мы разсмотримъ болѣе обстоятельно особенности,

представляемыя расширеніемъ тѣлъ каждой изъ трехъ категорій,—тѣлъ твердыхъ, жидкихъ и газообразныхъ. Путемъ многочисленныхъ точныхъ наблюденій полученъ рядъ чиселъ, показывающихъ *расширяемость* различныхъ тѣлъ; числа эти называются *коэффиціентами расширенія*.

Коэффиціентомъ линейнаго расширенія какого-либо тѣла называютъ число, выражающее увеличеніе единицы длины тѣла при нагрѣваніи его на одинъ градусъ. Напр., говоря, что коэффиціентъ линейнаго расширенія красной мѣди равенъ 0,00001713, мы указываемъ на то, что мѣдный стержень, положимъ, въ 1 метръ длиною при повышеніи температуры на 1 градусъ удлиняется на 0,00001713 метра. При этомъ допускаютъ, что при нагрѣваніи, примѣрно, на 5, 10 градусовъ и удлиненіе стержня будетъ въ 5, въ 10 разъ больше. *Коэффиціентомъ поверхностнаго* (или плоскостнаго) *расширенія* называютъ число, выражающее увеличеніе единицы поверхности тѣла при повышеніи температуры на одинъ градусъ. Наконецъ, *коэффиціентъ кубическаго расширенія* есть число, показывающее увеличеніе единицы объема тѣла при нагрѣваніи его на одинъ градусъ. Зная коэффи ціентъ линейнаго расширенія, легко опредѣлить и остальные два коэффиціента, такъ какъ извѣстно, что коэффиціентъ поверхностнаго расширенія равенъ *двойному*, а коэффиціентъ кубическаго расширенія—*тройному* коэффиціенту линейнаго расширенія.



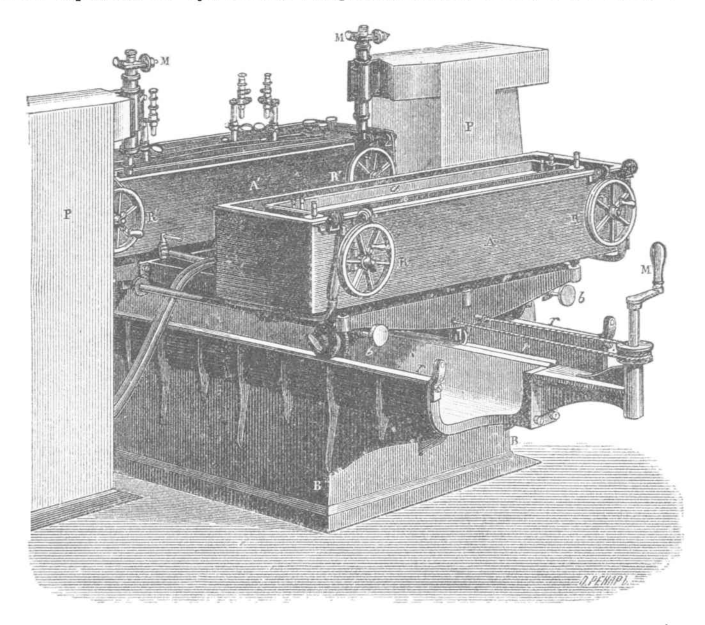
Фиг. 469. — Пирометръ Ведэквуда: измѣреніе высокихъ температуръ.

Мѣрами длины служатъ обыкновенно металлическія линейки, градуированныя при 0^0, т.-е. такія, дѣленія на которыхъ даютъ точную величину принятой единицы или части ея лишь при температурѣ 0^0. Для того, чтобы можно было результатъ измѣренія, произведеннаго при какой-либо иной температурѣ, привести къ температурѣ 0^0, очевидно, необходимо знать величину линейнаго расширенія того вещества, изъ котораго сдѣлана употребленная при измѣреніи линейка. Опредѣленіе этой величины представляется по этому особенно важнымъ.

Первыя измѣренія тѣлъ были весьма несовершенны. Такъ, Гойтонъ де Морво измѣрялъ на ребрѣ, придѣланномъ къ конусу, какая часть конуса проходила сквозь отверстіе въ холодной пластинкѣ при нагрѣваніи конуса до той или иной температуры. Первыя точныя опредѣленія принадлежатъ Лавуазье и Лапласу *). Въ 1783 г. англійскій оптикъ Рамсденъ устроилъ, по указанію генерала Руа, аппаратъ для опредѣленія величины расширенія линеекъ, которыя имѣлось въ виду употребить для измѣренія дуги меридіана. Здѣсь мы опишемъ только такъ-называемый *сравнитель* (компараторъ),—снарядъ, основанный на томъ же принципѣ, какъ и аппаратъ Руа и Рамсдена, и позволяющій сравнить длину любой линейки съ длиною образцовой линейки. Названнымъ приборомъ пользуются въ международномъ бюро вѣсовъ и мѣръ для опредѣленія расширенія платиновыхъ или мѣдныхъ линеекъ, употребляемыхъ въ качествѣ образцовыхъ мѣръ длины. Онъ состоитъ изъ ящика съ водой A (*фиг.* 470), въ которомъ желаемая постоянная температура поддерживается водой, протекающей чрезъ ящикъ *a*, заключенный въ ящикѣ A. Испытуемую линейку кладутъ въ ящикъ горизонтально; температура ея указывается четырьмя ртутными термометрами, расположенными вдоль линейки и разсматриваемыми въ микроскопы, позволяющія видѣть двухсотыя доли градуса. Рядомъ съ этой линейкой, въ другомъ такомъ же ящикѣ A', располагается образцовая платиновая линейка. У каждой линейки имѣются на концахъ двѣ тоненькія черточки; разстояніе между этими черточками образцовой линейки при 0^0 равно одному метру. Черточки разсматриваются чрезъ стеклышки, вставленныя въ отверстія (окошки), продѣланыя

*) Пьеръ-Леонъ Лапласъ, знаменитый геометръ, род. въ 1749 г., ум. въ 1827 г.; былъ сыномъ бѣднаго крестьянина. Наполеонъ I возвелъ его въ графы имперіи, а Людовикъ XVIII въ пэры Франціи.

въ металическихъ крышкахъ ящиковъ. Ящики устанавливаются на тележкѣ, двигающейся по рельсамъ *r* и снабженной рукояткой M, посредствомъ которой можно подвести черточки каждой линейки подъ два *неподвижные* микроскопа M, M, прикрѣпленные къ каменнымъ устоямъ P, P, стоящимъ на бетонномъ основанiи. Каждый микроскопъ снабженъ окулярнымъ микрометромъ, состоящимъ изъ двухъ пареллельныхъ нитей, между которыми какъ разъ помѣщается увеличенная микроскопомъ черточка на концѣ линейки. Величина перемѣщенiя нитей опредѣляется при помощи микрометрическаго винта, высота хода кото-



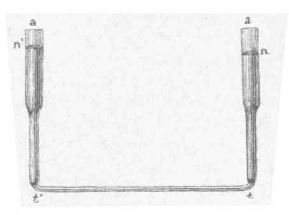
Фиг. 470.—Компараторъ въ международномъ бюро вѣсовъ и мѣръ: измѣренiе расширенiя.

раго извѣстна въ доляхъ миллиметра, а именно по числу оборотовъ и частей оборота, сдѣланныхъ винтомъ при надлежащей установкѣ.

Доведя образцовую линейку, расположенную подъ микроскопами, до нѣкоторой температуры T, замѣчаютъ длину ея при этой температурѣ; затѣмъ подъ микроскопы подводятъ испытуемую линейку и, нагрѣвъ ее до той же температуры T, замѣчаютъ, насколько длина ея разнится отъ длины первой линейки. Изъ подобнаго сравненiя линеекъ, произведеннаго при цѣломъ рядѣ различныхъ температуръ, опредѣляется разница въ расширенiи той и другой линейки и, такъ какъ величина расширенiя образцовой линейки извѣстна напередъ, то такимъ образомъ узнается величина расширенiя испытуемой линейки.

Жидкости не имѣютъ опредѣленной формы, а потому расширенiе ихъ можетъ быть изучаемо только въ отношенiи объема, т.-е. мы можемъ опредѣлить лишь ихъ кубическое расширенiе, но такъ какъ при нагрѣванiи жидкости до той или иной температуры неизбѣжно нагрѣвается и сосудъ, въ которомъ она содержится, то приходится опредѣлять отдѣльно *абсолютное (истинное)* и *видимое (кажущееся)* расширенiе жидкостей.

Изслѣдованія показали, что жидкости расширяются далеко не такъ правильно, какъ твердыя тѣла,—что изъ всѣхъ жидкостей одна только ртуть расширяется правильно. Истинное расширеніе ртути можетъ быть опредѣлено непосредственно по способу, предложенному Дюлонгомъ и Пти въ 1817 г. Ртуть наливается въ двѣ стеклянныя трубки (*фиг.* 471), сообщающіяся между собою посредствомъ весьма узкой трубки *tt'*. Одна трубка помѣщается въ цилиндрѣ съ толченымъ льдомъ, а другая — въ масляную ванну, которая поддерживается при нѣкоторой постоянной температурѣ. Такъ какъ узкость соединительной трубки служитъ препятствіемъ только для смѣшенія, но не для сообщенія между собою двухъ жидкостей, имѣющихъ одинаковую температуру, то высота этихъ жидкостей надъ уровнемъ *tt'* должна быть обратно пропорціональна ихъ удѣльнымъ вѣсамъ. Положеніе уровней ртути въ обѣихъ трубкахъ *n* и *n'* опредѣляется при помощи такъ-называемаго *катетометра*,—прибора, состоящаго изъ зрительной трубы, передвигающейся по перпендикулярной къ ней линейкѣ съ дѣленіями. Еслибы температура обоихъ сообщающихся сосудовъ была 0°, то ртуть стояла бы въ нихъ на одной и той же высотѣ. Если одинъ изъ нихъ нагрѣть, то высота ртути въ немъ увеличится на $t'n'-tn$, т.-е. на наблюдаемую при этомъ разность уровней. Положимъ, что первоначальная высота ртути была h и температура повысилась на t^0; спрашивается, чему равенъ коэффиціентъ истиннаго расширенія ртути, т.-е. приращеніе столба ртути высотою въ единицу длины при повышеніи температуры на одинъ градусъ. Для того, чтобы найти этотъ коэффиціентъ, нужно разность уровней раздѣлить на произведеніе температурной разницы на высоту ртути въ холодномъ сосудѣ. Между 0° и 100° коэффиціентъ этотъ равенъ $\frac{1}{5550}$.



Фиг. 471.—Принципъ способа Дюлонга и Пти: абсолютное расширеніе ртути.

Проще всего коэффиціентъ истиннаго расширенія жидкостей опредѣляется по способу сравненія термометровъ, предложенному Исидоромъ Пьеромъ въ 1844 г. и употреблявшемуся Делюкомъ, Гей-Люссакомъ, Біо и другими. Способъ этотъ состоитъ въ сравненіи показаній термометра, приготовленнаго изъ испытуемой жидкости, съ показаніями хорошаго ртутнаго термометра. Берутся термометры *вымѣренные*, т.-е. такіе, емкость резервуара и дѣленій которыхъ извѣстна для нѣкоторой опредѣленной температуры.

Кажущееся расширеніе ртути наблюдается на всякомъ ртутномъ термометрѣ. Коэффиціентъ видимаго расширенія ртути равенъ $\frac{1}{6480}$; такъ какъ емкость оболочки равна объему содержимаго, то коэффиціентъ истиннаго расширенія ртути долженъ быть равенъ ея видимому расширенію, сложенному съ расширеніемъ оболочки. Такимъ образомъ, зная, изъ опытовъ Дюлонга и Пти, абсолютное расширеніе ртути легко опредѣлить расширеніе стеклянной оболочки термометра—путемъ непосредственнаго наблюденія послѣдняго. Наоборотъ, имѣя термометръ изъ жидкости, абсолютное расширеніе которой неизвѣстно, можно, если извѣстно расширеніе его стеклянной оболочки и видимое расширеніе этой жидкости,—узнать, чему равенъ коэффиціентъ истиннаго расширенія послѣдней: для этого стоитъ только къ видимому расширенію жидкости прибавить расширеніе оболочки.

Изъ многочисленныхъ изслѣдованій надъ расширеніемъ различныхъ жидкостей оказалось, что не существуетъ пропорціональности между возвышеніемъ температуры и величиной расширенія. Возрастаніе расширенія быстрѣе температуры замѣчается даже для ртути,—жидкости, расширяющейся наиболѣе правильно. Согласно изслѣдованіямъ Реньо, отъ 0° до 100° показанія ртутнаго термометра (если не принимать въ разсчетъ его оболочки) еще мало разнятся

отъ показаній находящагося въ тѣхъ же условіяхъ воздушнаго термометра; но въ то время, какъ воздушный термометръ показываетъ 200°, ртутный показываетъ уже 202,78°; 250° воздушнаго соотвѣтствуютъ 255° ртутнаго, 300°—308,34°; 350° — 362,16°. Расширеніе же другихъ жидкостей еще болѣе удаляется отъ простой пропорціональности. Если разобьемъ жидкости на нѣсколько группъ изъ которыхъ каждая содержитъ то или иное число тѣлъ, сходныхъ по способу образованія и химическимъ реакціямъ, то увидимъ, что въ каждой группѣ расширеніе тѣмъ больше, чѣмъ ниже температура кипѣнія. Расширяемость жидкостей, вообще увеличивающаяся при повышеніи температуры, возрастаетъ еще замѣтнѣе тогда, когда жидкости далеки отъ точки кипѣнія. Тилрье—первый ученый, получившій жидкую углекислоту въ сколько-нибудь значительномъ количествѣ,—нашелъ, что расширяемость этого тѣла въ жидкомъ состояніи больше его расширяемости въ состояніи газообразномъ и съ возвышеніемъ температуры весьма быстро возрастаетъ: отъ 0° до 10° средній коэффиціентъ расширенія жидкой углекислоты равенъ 0,00633, а отъ 10° до 30° онъ равенъ уже 0,02067. Гирнъ нашелъ, что при 160° коэффиціентъ расширенія спирта, кипящаго при 78,3°, 3°, въ пять разъ больше коэффиціента расширенія воздуха и что при 180° вода имѣетъ коэффиціентъ расширенія вдвое меньшій коэффиціента расширенія воздуха. Тѣла эти при указанныхъ температурахъ оставались жидкими подъ постояннымъ давленіемъ, уравновѣшивавшимся столбомъ ртути въ 1125 сантим. Коэффиціентъ расширенія жидкости увеличивается съ повышеніемъ температуры, и съ того момента, когда давленіе въ жидкости становится ниже атмосфернаго, этотъ коэффиціентъ быстро возрастаетъ и даже можетъ превзойти коэффиціентъ расширенія газовъ.

Вода расширяется совершенно иначе, чѣмъ другія жидкости. Мы уже видѣли, что при извѣстной температурѣ вода отъ дѣйствія холода не сжимается, а расширяется. Законъ расширенія воды найденъ Депре въ 1839 г. Въ ванну, температуру, которой можно было измѣнять въ предѣлахъ отъ 9° до 15°, онъ погрузилъ два водяныхъ и два хорошихъ ртутныхъ термометра и изучилъ такимъ путемъ абсолютное расширеніе воды. Оказалось, что при 4° вода имѣетъ *наибольшую плотность*, т. е. данный вѣсъ воды занимаетъ возможно меньшій объемъ. Вода въ термометрахъ Депре была совершенно чистая и освобожденная отъ воздуха путемъ кипяченія. Такая вода обнаружила замѣчательное свойство—не замерзать даже при пониженіи температуры до 20°; съ 4° до момента отвердѣванія объемъ воды все болѣе и болѣе увеличивался.

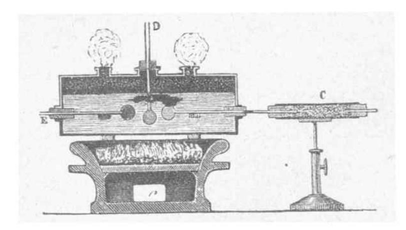
Если въ водѣ растворено болѣе или менѣе значительное количество соли, то температура наибольшей плотности, а также температура замерзанія понижаются, но первая больше второй, т. е. температура наибольшей плотности оказывается ниже температуры замерзанія; этимъ опредѣленіе температуры, соотвѣтствующей наибольшей плотности воды при данномъ содержаніи солей, затрудняется. Такъ, напр., морская вода замерзаетъ прежде, чѣмъ достигаетъ наибольшей плотности.

Въ противоположность наибольшей плотности рѣчной воды, наибольшая плотность морской воды не играетъ никакой роли въ природѣ, не представляетъ никакой практической важности, а является лишь доказательствомъ извѣстнаго физическаго закона, очевидно независимаго отъ потребностей существъ, населяющихъ землю.

Когда различныя части жидкости имѣютъ неодинаковую температуру, то благодаря тому, что такая жидкость въ различныхъ своихъ частяхъ имѣетъ различную плотность, въ ней происходятъ *теченія*, стремящіяся распредѣлить теплоту равномѣрно во всей массѣ жидкости. Явленіе это извѣстно подъ названіемъ *конвекціи*, или *механическаго переноса теплоты*. Мы уже наблюдали его при изученіи кипѣнія жидкости въ сосудѣ, на брошенныхъ въ жидкость древесныхъ опилкахъ, наглядно изображающихъ восходящій токъ въ центрѣ сосуда и токи нисходящія вдоль стѣнокъ послѣдняго.

Простѣйшій случай приложенія конвекціи мы имѣемъ въ водяномъ отопленіи, т. е. въ нагрѣваніи, напр., жилыхъ помѣщеній, путемъ циркуляціи теплой воды. Конвекція теплоты играетъ громадную роль въ природѣ, обусловливая морскія теченія: эти послѣднія производятся вѣтрами, представляющими собой результатъ маханическаго переноса теплоты въ атмосферѣ. Море есть огромная масса жидкости, различныя части которой имѣютъ различную температуру; этимъ объясняются два противоположныя морскія теченія, изъ которыхъ одно—теплое—идетъ отъ экватора къ полюсамъ, а другое—холодное—направляется подъ первымъ отъ полюсовъ къ экватору. Самое важное изъ морскихъ теченій есть всѣмъ извѣстный *Гольфстремъ*.

Обратимся теперь къ расширенію газовъ при нагрѣваніи. Расширеніе газовъ впервые измѣрялъ Гей-Люссакъ. Онъ сравнивалъ газовый термометръ C съ ртутнымъ E, помѣстивъ оба термометра въ одну и ту же ванну, температуру которой онъ измѣнялъ произвольно (*фиг.* 472). Первый термометръ наполнялся высушеннымъ испытуемымъ газомъ при 0°; замыкался ртутнымъ указателемъ,



Фиг. 472.—Аппаратъ Гей-Люссака: опредѣленіе расширенія газовъ.

величина перемѣщенія котораго указывала на измѣненіе объема газа, находившагося подъ атмосфернымъ давленіемъ; термометрическая трубка предварительна вымѣрялась. Путемъ подобныхъ изслѣдованій Гей-Люссакъ нашелъ, что *всѣ газы имѣютъ одинъ и тотъ же коэффиціентъ расширенія*, равный 0,00375. Приблизительно къ тому же заключенію пришелъ и Деви, опыты котораго отличались отъ опытовъ Гей-Люссана тѣмъ, что при нихъ упругость испытуемыхъ газовъ измѣнялась. Вслѣдствіе этого къ приведенному закону Гей-Люссона прибавилось выраженіе: *коэффиціентъ расширенія газовъ независимъ отъ давленія.*

Но Рудбергъ, Пулье, Дюлонгъ и Пти, изучавшіе тотъ же вопросъ, показали, что послѣдній является не столь простымъ, какимъ онъ представлялся двумъ вышеназваннымъ ученымъ; точно также и Реньо подтвердилъ, что законъ Гей-Люссака выражаетъ лишь извѣстное приближеніе. Реньо разсматривалъ расширеніе газовъ въ двухъ различныхъ случаяхъ: при постоянномъ давленіи и при постоянномъ объемѣ, поддерживаемомъ путемъ надлежащаго измѣненія давленія. Коэффиціентъ расширенія между двумя данными температурами Реньо опредѣлилъ какъ частное отъ дѣленія измѣненія упругости газа—вслѣдствіе измѣненія производимаго на него давленія для сохраненія первоначальнаго объема—на произведеніе взятаго температурнаго промежутка на первоначальную упругость газа. Неодинаковость коэффиціента расширенія у различныхъ газовъ доказывается помощью слѣдующаго опыта. Съ манометрами сообщаютъ два баллона равной емкости, наполненные одинъ кислородомъ, а другой сѣрнистымъ ангидридомъ, причемъ оба газа находятся подъ атмосфернымъ давленіемъ. Если оба баллона нагрѣть съ 0° до 100°, то для сохраненія газами ихъ первоначальнаго объема придется произвести неодинаковое давленіе на баллоны, откуда слѣдуетъ, что газы расширились неодинаково.

Изъ изслѣдованій Реньо вытекаетъ, что расширяемость газовъ тѣмъ больше, чѣмъ больше давленіе, и что у каждаго газа существуютъ два коэффиціен-

та расширенія—одинъ для постояннаго объема, другой для постояннаго давленія.

Чѣмъ при меньшемъ давленіи ведутся наблюденія, тѣмъ ближе между собой оказываются коэффиціенты расширенія различныхъ газовъ, такъ что къ газамъ находящимся въ достаточно расширенномъ состояніи, къ *газамъ совершеннымъ*, законъ Гей-Люссака былъ-бы вполнѣ приложимъ. Воздухъ, водородъ и окись углерода приближаются къ совершеннымъ газамъ и потому при постоянномъ давленіи или постоянномъ объемѣ они имѣютъ почти одинаковые коэффиціенты расширенія, такъ что для нихъ можно принять одинъ общій коэффиціентъ, равный 0,00366. При постоянномъ давленіи средній коэффиціентъ расширенія водорода отъ 0° до 100° колеблется лишь между числами 0,0036613 и 0,0036616 между давленіями 76 и 254 сантим. Указаннымъ постоянствомъ коэффиціента расширенія водорода и объясняется то, что изъ этого газа приготовленъ образцовый термометръ.

Перейдемъ къ явленіямъ *плавленія* и *отвердѣванія*. Опытъ показываетъ, что при плавленіи тѣла температура его не повышается, несмотря на то, что очагъ постоянно доставляетъ ему все новыя и новыя количества теплоты. Это на первый взглядъ странное явленіе находитъ себѣ раціональное объясненіе въ томъ, что теплота, непрерывно доставляемая расплавленному тѣлу, непрерывно же тратится на молекулярную работу удерживанія тѣла въ жидкомъ состояніи. Теплота, тратящаяся на указанную работу—такъ называемая *теплота плавленія*—имѣетъ различную величину для различныхъ тѣлъ. Кромѣ того каждое тѣло имѣетъ свою температуру плавленія, или, какъ принято выражаться, *точку плавленія*. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ наблюдаются, однако, уклоненія отъ закона постоянства точки плавленія для одного и того же тѣла.

Переходя въ жидкое состояніе, тѣла обыкновенно быстро измѣняются въ объемѣ, при чемъ большею частью тѣло въ жидкомъ состояніи занимаетъ большій объемъ, чѣмъ при той же температурѣ въ твердомъ состояніи; оттого-то куски, не успѣвшіе расплавиться, обыкновенно располагаются на днѣ сосуда, въ которомъ производится плавленіе. Примѣръ такихъ тѣлъ представляетъ параффинъ. Но куски другихъ тѣлъ—воды, серебра, висмута, сурьмы, чугуна—наоборотъ, плаваютъ на жидкости, происшедшей отъ расплавленія названныхъ тѣлъ.

Возрастаніе давленія препятствуетъ увеличенію и, напротивъ, способствуетъ уменьшенію объема тѣлъ; отсюда слѣдуетъ, что возрастаніе давленія должно благопріятствовать таянію льда и, напротивъ, противодѣйствовать плавленію параффина. Законъ этотъ, теоретически найденный Дж. Томсономъ въ 1850 г., Бунзенъ вполнѣ подтвердилъ путемъ опыта. Экспериментируя надъ параффиномъ и спермацетомъ,—веществами, занимающими въ расплавленномъ состояніи большій объемъ, нежели въ твердомъ состояніи,—Бунзенъ нашелъ, что увеличеніе давленія дѣйствительно влечетъ за собою возрастаніе температуры плавленія этихъ тѣлъ. Приборъ, употребленный Бунзеномъ при этихъ опытахъ, представляетъ собою двухколѣнную трубку съ двумя неравными вѣтвями. Въ нижней части находится ртуть, поверхъ которой въ короткомъ колѣнѣ помѣщается параффинъ, длинное же колѣно играетъ роль манометра со сжатымъ воздухомъ. Приборъ помѣщаютъ въ ванну, температуру которой можно измѣнять; давленіе, подъ которымъ происходитъ плавленіе, указывается только-что упомянутымъ манометромъ, а соотвѣтствующую температуру ванны показываетъ погруженный въ послѣднюю термометръ. Какъ было сказано выше, Бунзенъ производилъ относящіеся сюда опыты надъ спермацетомъ и параффиномъ. Оказалось, что спермацетъ, подъ давленіемъ 206 атмосферъ плавится лишь при 50,9°, между тѣмъ подъ давленіемъ одной атмосферы онъ плавится при 47,7°, а параффинъ, подъ атмосфернымъ давленіемъ плавящійся уже при 46,3°, подъ давленіемъ 100 атмосферъ плавится лишь при 49,9°. Такіе же опыты были произведены Гопкинсомъ надъ спермацетомъ, воскомъ, стеариномъ и сѣрою. На-

званный изслѣдователь нашелъ, что спермацетъ подъ давленіемъ въ 519 атмосферъ плавится только при 60°, а подъ давленіемъ въ 792 атмосферы—при 80°. Подъ тѣми же давленіями—въ 519 атмосферъ и 792 атмосферы—воскъ, стеаринъ и сѣра, температуры плавленія которыхъ подъ обыкновеннымъ давленіемъ суть: 64°, 72° и 107°, плавятся: первая при 74,6° и 80°, вторая при 73,6° и 79°, а третья при 135° и 140,6°.

Въ приложеніи къ геологіи указанныя наблюденія представляются чрезвычайно важными. Опытъ показываетъ, что подъ землею на каждые 10 метровъ глубины приходится увеличеніе давленія на 3 атмосферы, такъ что на глубинѣ 1 километра давленіе должно бы быть равно 30000 атмосферъ. Предполагая, что давленіе и дальше возрастаетъ пропорціонально глубинѣ, слѣдовало бы допустить, на глубинѣ 100 километровъ подъ землею воскъ можетъ плавиться только при 1000°, т.-е. при температурѣ краснаго каленія. Если представлять себѣ, что вся масса земнаго шара за исключеніемъ коры находится въ расплавленномъ состояніи, то необходимо полагать, что притяженіе этого жидкаго ядра массами солнца и луны стремится производить въ немъ періодическіе приливы и отливы, а вмѣстѣ съ тѣмъ колебать земную кору; для того, чтобы послѣдняя могла противостоять такому давленію, она должна обладать неменьшей крѣпостью, чѣмъ сталь, въ чемъ, послѣ того, что сказано выше, нѣтъ ничего невѣроятнаго.

Приведенными наблюденіями объясняются также нѣкоторыя свойства льда. Ледъ при всякихъ условіяхъ есть тѣло *скользкое;* другими словами, твердымъ тѣламъ, двигающимся по нему, приходится преодолѣвать ничтожное треніе. Это зависитъ отъ того, что вслѣдствіе давленія на ледъ тѣла, на немъ помѣщающагося, слой льда, непосредственно соприкасающійся съ тѣломъ, таетъ, т.-е. превращается въ жидкій слой, играющій роль смазки. Свойствомъ воды уменьшать треніе, извѣстнымъ уже съ давнихъ поръ, воспользовался Жираръ, устроившій въ Жаншерѣ пробную желѣзную дорогу, по которой поѣздъ двигался не на колесахъ, а на смоченныхъ водою полозьяхъ, скользившихъ по плоскимъ рельсамъ. Опыты насильственнаго введенія воды между трущимися частями машинъ показали, что у воды способность скольженія приблизительно въ сто разъ больше, чѣмъ у самыхъ лучшихъ изъ всѣхъ другихъ тѣлъ, уменьшающихъ треніе.

Если два куска льда придавливать одинъ къ другому, то они слипнутся между собою. Явленіе это называется *смерзаніемъ*. Дѣти, играя снѣжнымъ шарикомъ, такъ долго сдавливаютъ его руками, пока онъ не превращается въ сплошную, твердую, прозрачную массу, похожую на ледъ. Точно также снѣгъ, скопляющійся на вершинахъ горъ, превращается путемъ давленія, въ *глетчеръ*, т. е. въ прозрачную, совершенно однородную ледяную массу. Тиндаль однимъ ударомъ шибала выбивалъ изо льда совершенно прозрачную медаль. Всѣ эти явленія объясняются тѣмъ, что вслѣдствіе давленія, стремящагося сблизить куски льда, въ точкахъ соприкосновенія кусковъ происходитъ таяніе, но образовавшаяся такимъ образомъ вода замерзаетъ тотчасъ же, какъ только давленіе прекращается.

Смерзаніе льда легко наблюдать на слѣдующемъ опытѣ. На кусокъ льда кладутъ желѣзную проволоку, натягиваемую двумя гирями, привѣшенными къ ея концамъ. Такая проволока, путемъ давленія на ледъ, медленно врѣзывается въ него, т.-е. отъ давленія проволоки ледъ подъ нею таетъ, что позволяетъ ей опускаться все ниже и ниже. Но по мѣрѣ того, какъ проволока опускается, вода надъ нею освобождается отъ давленія и снова замерзаетъ, такъ что прохожденіе проволоки черезъ всю толщу куска льда не оставляетъ никакихъ слѣдовъ. Наполняя мелкими кусками льда различныя формы изъ самшитоваго дерева и подвергая эти формы сильному давленію, Тиндаль получаетъ сплошные и совершенно прозрачные ледяные шары, чечевицы и пр.

Слипаніе кусковъ есть исключительная принадлежность льда: висмутъ и

чугунъ, которые также, какъ и вода, расширяются при отвердѣваніи, не обладаютъ указаннымъ свойствомъ, придающимъ льду характеръ пластическаго вещества. Но не истинной пластичностью льда объясняется то, что глетчеры, медленно спускаясь съ горъ, повторяютъ форму неровностей той поверхности, по которой они протекаютъ; явленіе это происходитъ отъ того, что движущаяся ледяная масса, ударяясь о встрѣчаемыя ею на пути препятствія, разбивается на куски, которые тутъ же смерзаются.

Если твердыя тѣла при нагрѣваніи плавятся, то жидкія при охлажденіи должны, наоборотъ, отвердѣвать. Температура отвердѣванія различна для различныхъ тѣлъ. Процессъ отвердѣванія подчиняется слѣдующимъ тремъ законамъ:

1) *Для всякаго тѣла существуетъ опредѣленная температура отвердѣванія, равная температурѣ плавленія разсматриваемаго тѣла.*

2) *Во все время отвердѣванія тѣла температура его остается постоянною.*

3) *При отвердѣваніи тѣла освобождается какъ разъ то же количество теплоты, какое поглощается при плавленіи его.*

Иногда тѣло отвердѣваетъ при температурѣ, низшей его нормальной точки отвердѣванія. Это явленіе было открыто Фаренгейтомъ, показавшимъ, что вода можетъ не замерзать даже и при -20^{0}. Но если быстро вывести ее изъ спокойнаго состоянія, она тотчасъ же замерзаетъ, причемъ, благодаря переходу ея въ твердое состояніе, освободится соотвѣтствующее количество теплоты. Если, какъ дѣлалъ Жернэ, стеклянную трубку съ находящимся въ ней кускомъ фосфора помѣстить въ сосудъ съ водой, температура которой нѣсколько выше $44,2^{0}$—точки отвердѣванія фосфора, то фосфоръ въ трубкѣ расплавится; если затѣмъ воду охлаждать медленно, то фосфоръ не отвердѣетъ, но при этомъ достаточно толчка для того, чтобы онъ тотчасъ же перешелъ въ твердое состояніе; точно также отвердѣніе произойдетъ и въ томъ случаѣ, если въ расплавленную массу бросить кристаллъ желтаго фосфора, т.-е. кристаллъ той модификаціи названнаго металлоида, которая получается при отвердѣваніи: красный фосфоръ, по своимъ физическимъ свойствамъ совершенно отличный отъ желтаго, не способенъ своимъ прикосновеніемъ вызвать отвердѣнія жидкой массы желтаго фосфора.

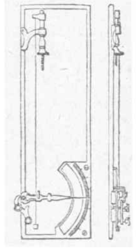
Мы видѣли, что испареніе жидкости происходитъ одинаково въ воздухѣ и въ пустотѣ и что упругость паровъ зависитъ отъ температуры. Въ окружающемъ насъ воздухѣ всегда содержится извѣстное количество водяныхъ паровъ. Чтобы убѣдиться въ этомъ, достаточно подержать на воздухѣ, въ открытомъ сосудѣ, опредѣленное количество сѣрной кислоты или какого-либо другаго вещества, жадно поглощающаго влагу; по истеченіи нѣкотораго времени мы увидимъ, что вещество это увеличилось въ вѣсѣ. Мы знаемъ также, что на наружной поверхности стѣнокъ сосуда со льдомъ, выставленнаго на воздухъ, осѣдаетъ роса, представляющая собой не что иное, какъ сгущенные водяные пары. Сгущеніе это происходитъ отъ того, что слои воздуха, соприкасающіеся съ сосудомъ, охлаждаясь, скоро принимаютъ такую температуру, для которой они оказываются насыщенными водяными парами, такъ что при дальнѣйшемъ охлажденіи пары, прилегающіе къ стѣнкамъ, необходимо должны сгуститься въ воду.

Водяные пары, находящіеся въ атмосферѣ, происходятъ, главнымъ образомъ, отъ испаренія воды морей и рѣкъ. При обыкновенной температурѣ, съ каждаго квадратнаго метра водной поверхности испаряется въ двадцать четыре часа приблизительно литръ воды; такимъ образомъ съ каждаго квадратнаго километра морской поверхности испаряется въ сутки 1000000 литровъ воды, съ водной же площади всѣхъ морей должно за такое же время испаряться $400000000 \times 1000000 = 400000000000000$ (четыреста билліоновъ)=литровъ. Но для того, чтобы составить себѣ представленіе о той громадной массѣ воды, какая поглощается атмосферой, необходимо къ приведенному числу прибавить еще то количество водяныхъ паровъ, которое доставляетъ прѣсная вода. Легко понять, что

для сохраненія равновѣсія, атмосфера должна возвращать землѣ отнимаемую у послѣдней воду; вода эта и возвращается землѣ въ видѣ дождя, снѣга, росы.

Количество находящихся въ воздухѣ водяныхъ паровъ весьма измѣнчиво. Такъ какъ измѣненія количества послѣднихъ оказываютъ большое вліяніе на множество явленій, совершающихся въ природѣ, то интересно знать способы опредѣленія этого количества. Приборы, служащіе для такого опредѣленія, называются *гирометрами*.

Необходимо замѣтить, что на характеръ явленій, зависящихъ отъ влажности воздуха, вліяетъ не абсолютное количество водяныхъ паровъ въ атмосферѣ, а отношеніе между этимъ количествомъ и тѣмъ, которое требуется для насыщенія воздуха. Это отношеніе, или что тоже, отношеніе упругости содержащихся въ воздухѣ паровъ къ *наибольшей* упругости послѣднихъ называется *относительной влажностью* воздуха. При помощи гигрометровъ опредѣляютъ именно эту относительную влажность.



Фиг. 473. Гигрометръ съ волосомъ (Соссюра).

Многія органическія тѣла измѣняются въ объемѣ въ зависимости отъ степени влажности воздуха; это объясняется тѣмъ, что въ сырую погоду они поглощаются, а въ сухую—выдѣляютъ водяные пары. Такъ, натяженіе кожи у барабана отъ влажности уменьшается, благодаря чему въ сырую погоду звукъ барабана ниже; тѣла, состоящія изъ скрученныхъ вмѣстѣ нитей, напр., веревки отъ влажности разбухаютъ, укорачиваются и еще больше скручиваются. Обратное происходитъ съ кишечными странами, нерѣдко употребляемыми для приготовленія гигроскоповъ, весьма, впрочемъ, неточныхъ. Одинъ конецъ небольшогокуска скрипичной струны укрѣпляютъ неподвижно, а другой соединяютъ со стрѣлкой; перемѣщенія послѣдней и указываютъ измѣненія въ степени влажности. У нѣкоторыхъ подобныхъ приборовъ конецъ струны привязанъ къ капюшону, который въ сухую погоду стягивается съ головы куклы, а въ сырую—вслѣдствіе раскручиванія струны—снова надвигается на голову фигуры.

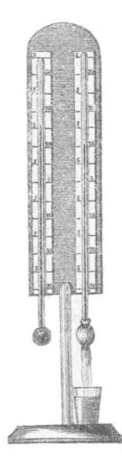
Волосъ, мало чувствительный къ измѣненіямъ температуры, значительно измѣняется въ длинѣ, когда измѣняется относительная влажность окружающаго воздуха. На этомъ началѣ основано устройства *гигрометра Соссюра*. Важнѣйшею частью въ этомъ приборѣ служитъ освобожденный отъ жира волосъ, одинъ конецъ котораго укрѣпленъ неподвижно (*фиг.* 473), а другой перекинутъ черезъ блокъ. Черезъ тотъ же блокъ, но въ обратномъ направленіи перекинута шелковая нить, къ которой привѣшена гирька вѣсомъ около 2 дециграммовъ, служащая для натягиванія волоса. Къ блоку придѣлана стрѣлка, обращающаяся по круговой скалѣ. Во влажномъ воздухѣ волосъ удлиняется, благодаря чему стрѣлка поднимается, въ сухомъ же воздухѣ происходитъ укороченіе волоса, и стрѣлка опускается. Соссюръ градуируетъ свой приборъ подобно тому, какъ наносятъ дѣленія на термометрѣ. Онъ опредѣлилъ двѣ постоянныя точки--точку наибольшей влажности, или насыщенія воздуха, и точку абсолютной сухости. Нуль ставится въ той точкѣ, гдѣ останавливается стрѣлка, если приборъ помѣщается подъ колоколомъ, подъ которымъ воздухъ высушенъ, напр., прокаленнымъ поташомъ; для опредѣленія другой постоянной точки поташъ изъ подъ колокола удаляютъ, а на его мѣсто ставятъ тарелку съ водой для насыщенія воздуха паромъ; ту точку, гдѣ теперь останавливается стрѣлка, и помѣчаютъ числомъ 100. Промежутокъ между упомянутыми двумя точками дѣлится на 100 равныхъ частей, образующихъ *градусы* гигрометра.

Описанный гигрометръ даетъ числа непропорціональныя дѣйствительному содержанію водяныхъ паровъ въ воздухѣ; показанія его пригодны, поэтому, только въ томъ случаѣ, если при немъ имѣется таблица поправокъ. Такъ какъ гигрометры съ волосомъ несравнимы, то каждый такой приборъ долженъ имѣть

свою особую таблицу. Но такой гигрометръ является несравнимымъ даже съ самимъ собою, такъ какъ показанія съ теченіемъ времени измѣняются. Благодаря всѣмъ указаннымъ недостаткамъ гигрометръ Соссюрара не употребляется для точныхъ измѣреній.

Въ 1841 году бернскій профессоръ химіи Бруннеръ предложилъ иной способъ для опредѣленія влажности. Онъ пропускаетъ опредѣленный объемъ воздуха чрезъ вещества, жадно поглощающія влагу, и опредѣляетъ затѣмъ приращеніе въ вѣсѣ этихъ веществъ; приращеніе это и выражаетъ вѣсъ водяного пара въ извѣстномъ объемѣ воздуха. Такъ какъ подобное опредѣленіе продолжается довольно долго, то въ результатѣ его получается средняя влажность за опредѣленный промежутокъ времени.

Сгустительными гигрометрами называются такіе приборы, въ которыхъ водяные пары, находящіеся въ воздухѣ, сгущаются на томъ или иномъ охлаждаемомъ тѣлѣ. Впервые подобный гигрометръ былъ устроенъ французскимъ врачемъ ле Руа въ 1751 году. Его приборъ состоитъ изъ оловяннаго сосуда съ водой и термометра. Для охлажденія сосуда вмѣстѣ съ окружающимъ его слоемъ воздуха въ сосудъ время отъ времени бросаютъ кусочки льда. Такъ какъ при пониженіи температуры количество паровъ, необходимое для насыщенія извѣстнаго пространства, уменьшается, то долженъ наступить такой моментъ, когда вслѣдствіе охлажденія сосуда воздухъ, съ нимъ соприкасающійся окажется насыщеннымъ. Вслѣдствіе того, что охлажденіе продолжается и по наступленіи этого момента, часть водяныхъ паровъ сгустится на стѣнкахъ сосуда: на послѣднихъ появится слой росы, благодаря тому, что для данной температуры упругость водяного пара въ слоѣ воздуха, прилежащемъ къ сосуду, будетъ наибольшая. Такъ какъ упругость водяныхъ паровъ въ этомъ слоѣ равна упругости паровъ въ окружающемъ воздухѣ, то, раздѣливъ послѣднюю на наибольшую упругость паровъ при температурѣ окружающаго воздуха, найдемъ относительную влажность.



Фиг. 474.
Психрометръ.

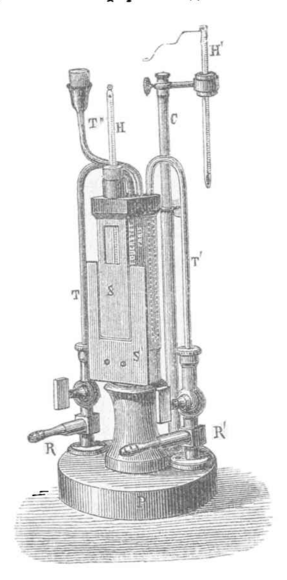
Числа, даваемыя описаннымъ приборомъ, нѣсколько превышаютъ тѣ, которыя должны бы получаться при точныхъ опредѣленіяхъ. Это зависитъ, вопервыхъ, отъ того, что въ испытуемый воздухъ вносится сосудъ съ водой, а вовторыхъ, отъ близости наблюдателя къ прибору. Если же влажность опредѣляется на открытомъ воздухѣ, при вѣтрѣ, то къ указаннымъ двумъ причинамъ неточности показаній присоединяется еще одна: слои воздуха, соприкасающіеся съ сосудомъ, смѣняются слишкомъ быстро, такъ что они не успѣваютъ принять температуру холодныхъ стѣнокъ.

Сгустительный гигрометръ Крова лишенъ всѣхъ этихъ недостатковъ. Онъ состоитъ изъ никеллированной, хорошо отполированной снутри, тонкой латунной трубки, закрытой спереди матовымъ стекломъ, а сзади чечевицей съ большимъ фокуснымъ разстояніемъ, позволяющей ясно видѣть круглое изображеніе матоваго стекла, отраженное отъ зеркальныхъ стѣнокъ трубки. Трубка вдѣлана въ латунный ящикъ съ сѣрнистымъ углеродомъ; послѣдній испаряютъ, вдувая струю воздуха. Когда трубка благодаря испаренію названной жидкости, достаточно охлаждается, на стѣнкахъ ея появляются тусклыя мѣста—указаніе на осѣвшую здѣсь росу. Если прекратить вдуваніе воздуха, роса исчезаетъ. Температура при исчезаніи и образованіи росы указывается термометромъ, погруженнымъ въ сѣроуглеродъ. Среднее изъ многихъ такихъ наблюденій точно показываетъ температуру сѣроуглерода въ моментъ образованія росы.

На фигурѣ 475 изображенъ сгустительный гигрометръ Аллюара.

Метеорологи предпочитаютъ пользоваться такъ-называемыми *психромет-*

рами, снарядами помощью которыхъ влажность воздуха опредѣляется проще. Психрометръ (отъ греч. ψυκγος—холодный и μειγον—мѣра) (*фиг.* 474) состоитъ изъ двухъ одинаковыхъ термометровъ, укрѣпленныхъ рядомъ на одной доскѣ. Резервуаръ одного термометра обвернутъ постоянно смачиваемой тканью (напр., кисеей), съ которой происходитъ безпрерывное испареніе, понижающее температуру резервуара. Степень этого пониженія зависитъ отъ быстроты испаренія т.-е. отъ влажности воздуха (чѣмъ суше окружающій воздухъ, тѣмъ быстрѣе испареніе). Если, какъ предложили Дуайеръ (въ 1855 г.) и Масе де Лепинэ (въ 1881 г.), передъ тѣмъ, какъ обратиться къ показаніямъ термометровъ, вращать эти послѣдніе путемъ разматыванія шнурка въ теченіе нѣсколькихъ секундъ, то разность между наибольшей упругостью пара при температурѣ влажнаго термометра и упругостью, соотвѣтствующей температурѣ воздуха, будетъ пропорціональна произведенію атмосфернаго давленія на разность температуръ



Фиг. 475.—Сгустительный гигрометръ Аллюара.

обоихъ термометровъ, причемъ постоянная пропорція не зависитъ отъ того, когда производится наблюденіе, и можетъ быть опредѣлена разъ на всегда.

Если при нагрѣваніи какой-нибудь жидкости упругость паровъ послѣдней дѣлается равной давленію атмосферы на эту жидкость, то жидкость *закипаетъ*. Какъ мы уже знаемъ, температура жидкости во все время кипѣнія измѣняется, до тѣхъ поръ, пока остается постояннымъ давленіе. Если же давленіе измѣняется, то вмѣстѣ съ тѣмъ измѣняется и точка кипѣнія, подобно тому, какъ въ зависимости отъ давленія измѣняется точка плавленія тѣла. Вода, напр., кипитъ при 100° подъ давленіемъ 760 миллиметровъ, но при меньшемъ давленіи и температура кипѣнія будетъ ниже. Подъ колоколомъ воздушнаго насоса можно заставить воду кипѣть при любой температурѣ. Въ знакомомъ намъ аппаратѣ Карре вода въ графинѣ кипитъ за нѣсколько секундъ до появленія льда. Выраженіе *„кипящая вода“* связано въ нашемъ умѣ съ представле-

ніемъ о высокой температурѣ только потому, что въ обыденной жизни мы обыкновенно наблюдаемъ кипѣніе воды лишь при давленіяхъ, мало разнящихся отъ средняго атмосфернаго давленія, т.-е. отъ 760 миллим.

Франклинъ наглядно демонстрировалъ кипѣніе воды при температурѣ, низшей 100⁰, помощью слѣдующаго опыта (*фиг* 476). Воду, налитую въ стеклянный баллонъ съ длиннымъ горлышкомъ, заставляютъ кипѣть въ продолженіе приблизительно десяти минутъ. Когда пары, отдѣляющіеся при кипѣніи, выгонятъ воздухъ изъ стклянки, послѣднюю закрываютъ и переворачиваютъ горлышкомъ внизъ; для того, чтобы воспрепятствовать проникновенію воздуха въ баллонъ, горлышко его погружаютъ при этомъ въ сосудъ съ водой. По прекращеніи нагрѣванія жидкость перестаетъ кипѣть, но если теперь полить на баллонъ холодной воды, то кипѣніе возобновится и можетъ продолжаться до вольно долго. Это объясняется тѣмъ, что температура паровъ, дквящихъ на жидкость, уменьшается, вмѣстѣ съ чѣмъ уменьшается и ихъ упругость, т.-е. давленіе на жидкость, подъ уменьшеннымъ же давленіемъ жидкость можетъ кипѣть и при температурѣ низшей 100⁰. Даже спустя часъ послѣ того, какъ было прекращено нагрѣваніе, поливаніемъ стклянки холодной водой можно еще возобновить кипѣніе.



Фиг. 476.
Опытъ Франклина: кипѣніе вслѣдствіе охлажденія.

На сахарныхъ заводахъ указаннымъ принципомъ пользуются для испаренія сиропа при низкой температурѣ, чѣмъ, во-первыхъ, сберегается топливо, а во-вторыхъ, что особенно важно, уменьшается переходъ сахара, способнаго къ кристаллизаціи, въ сахаръ, не кристаллизующійся. Такимъ образомъ уменьшается остатокъ послѣ операціи, т.-е. количество *патоки*. Устройство употребляющагося при этомъ аппарата принадлежитъ Деросну и Кэлю. Испорченый сиропъ помѣщается въ котлѣ, откуда пары проводятся по трубкѣ въ громадный мѣдный змѣевикъ, въ которомъ протекаетъ холодный сиропъ, прибывающій изъ вышележащаго резервуара. Этотъ холодный сиропъ понижаетъ температуру змѣевика, а вмѣстѣ съ тѣмъ и температуру паровъ, что способствуетъ кипѣнію при невысокой температурѣ; кромѣ того, сиропъ нагрѣвается и стекаетъ въ котелъ въ болѣе концетрированномъ состояніи. Воздухъ изъ змѣевика выкачивается воздушнымъ насосомъ, благодаря чему достигается возможно низшая температура кипѣнія.

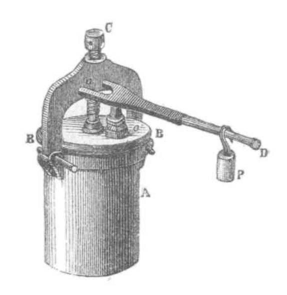
Зная, по показанію барометра, давленіе атмосферы въ данномъ мѣстѣ, легко опредѣлить температуру кипѣнія воды для этого мѣста. Обратно, зная, по термометру, при какой температурѣ вода кипитъ, нетрудно опредѣлить внѣшнее давленіе, равное наибольшей упругости водяныхъ паровъ при данной температурѣ. На этомъ-то принципѣ Реньо и основалъ устройство своего *гипсометра* (высотометра). Гипсометръ состоитъ изъ котелка, снабженнаго трубкою для выхода пара. Въ котелокъ наливаютъ воды и нагрѣваютъ его на лампѣ. Термометръ, погруженный въ отдѣляющіеся пары, показываетъ температуру кипѣнія. По этой послѣдней легко узнать внѣшнее давленіе, а вмѣстѣ съ тѣмъ и высоту мѣста, въ которомъ производится наблюденіе: высота эта пропорціональна разности между 100 и числомъ градусовъ, выражающимъ температуру кипѣнія въ данномъ мѣстѣ. Такъ, въ Квито, высота котораго надъ уровнемъ моря равна 2908 метрамъ, вода кипитъ при 90,1⁰, между тѣмъ какъ въ Мадридѣ, высота котораго 610 метровъ, кипѣніе воды происходитъ при 97,8⁰.

Точка кипѣнія жидкости измѣняется также и въ томъ случаѣ, если въ ней растворены какія-либо постороннія вещества. Такъ, вода, насыщенная поваренною солью, кипитъ при 108,50. Но при этомъ необходимо замѣтить, что

какова-бы ни была температура кипящаго раствора, температура паровъ его зависитъ только отъ внѣшняго давленія и остается равною температурѣ паровъ чистой воды.

Температура глубокихъ слоевъ кипящей жидкости выше 100°, ибо для образованія пузырей, паръ долженъ преодолѣть не только давленіе на свободную поверхность жидкости, но и давленіе всей жидкости, лежащей надъ разсматриваемымъ слоемъ.

При увеличеніи давленія на жидкость, температура кипѣнія послѣдней позвышается. Сообщая паровой котелъ съ резервуаромъ, содержащимъ сжатый воздухъ, температуру кипѣнія воды можно довести до 120°, но тогда жидкость можетъ кипѣть лишь въ томъ случаѣ, если надъ нею находится достаточно большое пространство, изъятое отъ дѣйствія очага; въ противномъ случаѣ кипѣнія не происходитъ, какъ это видно на *Папиновомъ* *) котлѣ (*фиг.* 477). Названный приборъ представляетъ собою толстостѣнный бронзовый цилиндръ, закрытый крышкою, крѣпко придавливаемой винтомъ C. *Предохранительный клапанъ o* прижимается стержнемъ, къ которому привѣшенъ грузъ P. Грузъ выбирается такой, чтобы рычагъ съ клапаномъ при слишкомъ большомъ давленіи поднялись. Пары, отдѣляющіеся при нагрѣваніи этого прибора оказываютъ на жидкость значительное давленіе и тѣмъ препятствуютъ образованію пузырей. При постепенномъ позвышеніи температуры упругость паровъ возрастаетъ весьма быстро; такъ, при 200° давленіе равно уже 16 атмосферамъ. Напоръ такой громадной силы можетъ разорвать самый прочный котелъ и причинить этимъ цѣлый рядъ несчастій.



Фиг. 477.—Папиновъ котелъ.

Въ такомъ котлѣ можно нагрѣть воду до такой высокой температуры, при которой въ ней будутъ растворяться вещества, нерастворимыя въ водѣ при 100°, напр., органическая (клей дающая) основа костей. Эту цѣль и имѣлъ въ виду Папинъ, назвавшій свой котелъ *разварителемъ*.

Если снять грузъ P, то клапанъ откроется, чрезъ узкое отверстіе, которое онъ закрывалъ, вырвется наружу столбъ пара въ нѣсколько метровъ вышиною; часть пара при этомъ сгустится, и весь онъ, свободно расширившись въ открытомъ пространствѣ, настолько охладится, что въ струѣ его подлѣ самаго отверстія безопасно можно будетъ держать руку, между тѣмъ какъ паръ, выходящій изъ сосуда съ водою, кипящею подъ обыкновеннымъ давленіемъ, обжигаетъ руку. Отсюда понятно, почему, дуя ртомъ на руку, мы въ однихъ случаяхъ получаемъ ощущеніе тепла, а въ другихъ—холода. Если при такомъ дутьѣ ротъ широко открытъ, то выходящая струя воздуха, смѣшаннаго съ водяными парами, сохраняетъ температуру легкихъ, близкую къ 37°, но если, плотно сжавъ губы, мы будемъ сжимать выдуваемую струю, то по выходѣ изо рта она расширится, вслѣдствіе чего температура ея понизится, и рука получитъ ощущеніе холода.

По мѣрѣ того, какъ температура Папинова котла повышается, паръ надъ водою скопляется все въ большемъ и большемъ количествѣ. Спрашивается, что произойдетъ, если мы съ соотвѣтствующими предосторожностями будемъ вести нагрѣваніе дальше обычно достигаемыхъ температуръ.

Каньяръ-Латуръ, въ 1822 г., сильно нагрѣвалъ различныя жидкости въ закрытыхъ стеклянныхъ трубкахъ съ очень толстыми стѣнками. Жидкость, освобожденная отъ воздуха, вводилась въ одно колѣно изогнутой трубки; въ

*) Папинъ, знаменитый физикъ, род. въ Блуа въ 1647 г., ум. въ 1714 г.

нижней части послѣдней находилась ртуть, такъ что другое колѣно, содержавшее воздухъ, играло роль манометра со сжатымъ воздухомъ. При продолжительномъ нагрѣваніи того колѣна, въ которомъ содержалась жидкость, наступалъ, наконецъ, такой моментъ, когда исчезала всякая граница между жидкостью и паромъ, когда вся бывшая въ трубкѣ жидкость обращалась въ паръ. Стоило хоть немного понизить температуру для того, чтобы снова появилась жидкость, которая при новомъ соотвѣтствующемъ повышеніи температуры тотчасъ же опять исчезала. Эфиръ, какъ показали изслѣдованія Каньяръ-Латура, обращается въ паръ, занимающій объемъ, втрое большій, чѣмъ тотъ, какой занимала жидкость, при 150⁰; упругость пара равна при этомъ 37 атмосферамъ; въ случаѣ сѣроуглерода жидкость исчезаетъ при 220⁰, при чемъ давленіе пара равно 78 атмосферамъ. Когда тотъ же опытъ производили съ водой, то трубка много разъ разрывалась; но, наконецъ, и воду удалось сполна обратить въ паръ, при температурѣ плавленія цинка; объемъ этого пара былъ вчетверо больше объема воды.

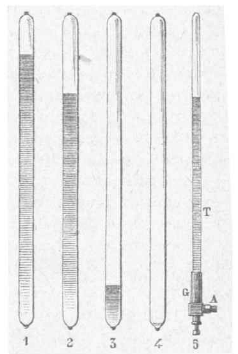
Изъ вышесказаннаго слѣдуетъ, что за извѣстной температурой, называемой *критической точкой*, тѣло можетъ быть только въ газообразномъ состояніи и никакимъ давленіемъ не можетъ быть обращено въ жидкость.

Дріонъ повторилъ опыты Каньяръ-Латура при помощи такого же прибора, какимъ пользовался послѣдній. Вольфъ придалъ тѣмъ же опытамъ слѣдующее расположеніе. Онъ наливалъ испытуемую жидкость въ крѣпкія стеклянныя трубки, до половины, и погружалъ въ эту жидкость капиллярную трубку. Когда весь воздухъ оказывался уже выгнаннымъ, наружная трубка запаивалась. По мѣрѣ того, какъ, при нагрѣваніи, повышается температура трубки, поднятіе жидкости въ капиллярной трубкѣ, равно какъ и выпуклость мениска, все болѣе и болѣе уменьшается, и при критической температурѣ жидкость въ наружной и капиллярной трубкахъ уже стоитъ на одной высотѣ. Способъ Вольфа позволяетъ весьма точно опредѣлять критическія точки, которыя могутъ быть наблюдаемы при нагрѣваніи жидкостей въ стеклянныхъ трубкахъ. Въ тѣхъ же случаяхъ, когда наибольшая упругость пара можетъ преодолѣть сцѣпленіе частицъ стекла, прибѣгаютъ къ слѣдующей уловкѣ. Металлическую трубку располагаютъ, какъ коромысло вѣсовъ, при помощи призмы, такимъ образомъ, что въ случаѣ однороднаго содержимаго, она должна держаться въ горизонтальномъ положеніи. Если нагрѣвать такую трубку до тѣхъ поръ, пока въ ней находятся и жидкость, и паръ, она будетъ имѣть наклонное положеніе, но какъ только она достигаетъ критической температуры, наклонъ исчезаетъ, и положеніе трубки дѣлается горизонтальнымъ.

Эндрюсъ, производившій свои опыты (въ 1869 г.) главнымъ образомъ надъ углекислотой, нашелъ критическую температуру этой послѣдней равною 31⁰. Его приборъ представляетъ изъ себя родъ пьезометра, въ которомъ давленіе производится стальнымъ винтомъ, сжимающимъ воду въ томъ сосудѣ, гдѣ находится трубка съ чистой углекислотой; трубка эта, закрытая на одномъ концѣ, на другомъ заперта ртутнымъ указателемъ, передающимъ газу давленіе воды. Сосудъ съ водой сообщается съ другой трубкой, содержащей воздухъ, которая такимъ образомъ служитъ манометромъ. Весь приборъ помѣщаютъ въ ванну, температуру которой можно измѣнять по произволу. Результаты опытовъ, произведенныхъ при температурахъ, содержавшихся въ предѣлахъ между 10⁰ и 50⁰, были изображены графически. На двухъ перпендикулярныхъ одна къ другой линіяхъ отложены были, отъ точки пересѣченія, части, пропорціональныя соотвѣтствующимъ давленіямъ и объемамъ при извѣстной температурѣ.

При температурѣ 13,1⁰, увеличеніе объема въ зависимости отъ повышенія давленія подчиняется, до извѣстнаго предѣла, закону Маріотта. Предѣлъ этотъ — давленіе въ 49 атмосферъ, при которомъ газъ сразу переходитъ въ жидкость, занимающую гораздо меньшій объемъ. Измѣнить же сколько-нибудь замѣтно

объемъ получившейся такимъ образомъ жидкости уже невозможно никакимъ давленіемъ. При 31,1⁰ уже нельзя достичь быстраго сгущенія. Въ этомъ случаѣ въ трубкѣ содержится уже не смѣсь двухъ веществъ, находящихся въ различныхъ состояніяхъ, а одно какое-либо вещество—или газъ— при давленіяхъ, меньшихъ 75 атмосферъ,—или жидкая углекислота—при давленіи, высшемъ указаннаго числа атмосферъ. Наконецъ, за температурой 31,1⁰ углекислота остается въ газообразномъ состояніи, какъ-бы ни было велико производимое на нее давленіе.

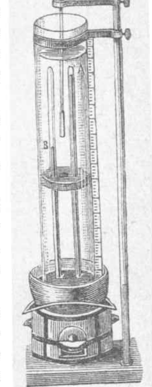


Фиг. 478. Трубки Наттерера.

При изученіи занимающаго насъ явленія важно знать наименьшее, для данной температуры, давленіе, которымъ можетъ быть произведено полное сгущеніе, т.-е. обращеніе всего газа въ жидкое состояніе. Соединивъ всѣ острія кривыхъ, соотвѣтствующихъ различнымъ температурамъ, получимъ *критическую кривую*. Для всякой точки на этой кривой, т.-е. при давленіи и температурѣ, ей соотвѣтствующихъ, углекислота можетъ быть отчасти въ жидкомъ, отчасти въ газообразномъ состояніи; для всякой же точки, взятой внѣ этой кривой, углекислота должна быть вся сполна или въ жидкомъ или въ газообразномъ состояніи. Эта кривая показываетъ, что для полученія критической точки углекислоты недостаточно только понизить температуру послѣдней, а требуется также, чтобъ и давленіе ея не превышало извѣстнаго предѣла. Въ самомъ дѣлѣ, если линія, параллельная оси температуръ, не пресѣкаетъ кривой, какъ бы ни была низка температура,—если давленіе остается прежнимъ, найти критическую точку невозможно. Эндрюсъ сжималъ углекислоту при 50⁰ до 150 атмосферъ и превращенія газа въ жидкость при этомъ не происходило; не измѣняя давленія, онъ охлаждалъ газъ, но и при этомъ состояніе углекислоты не измѣнялось. Если же, охлаждая газъ, одновременно уменьшить его давленіе, то сгущеніе въ жидкость происходитъ.

Эти опыты легко произвести въ трубкахъ Наттерера (*фиг*. 478). Такъ называются узкія трубки съ толстыми стѣнками, наполняемыя углекислотой подъ различными давленіями, и наблюдаемыя при различныхъ температурахъ.

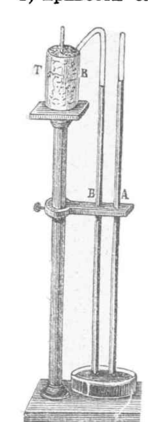
Перейдемъ теперь къ опредѣленію наибольшей упругости паровъ при различныхъ температурахъ. Опредѣленіе это производится или по статическому, или по динамическому способу. Такъ какъ вода изучена въ этомъ отношеніи лучше всѣхъ другихъ жидкостей, то объ ней мы и будемъ сейчасъ говорить.



Фиг. 479. — Аппаратъ Дальтона: опредѣленіе упругости паровъ при различныхъ температурахъ.

Статическій способъ, принадлежащій Дальтону, состоитъ въ томъ, что съ совершеннымъ барометромъ сравниваютъ барометръ, въ камеру котораго было впущено небольшое количество воды; разность уровней ртути въ барометрическихъ трубкахъ (*Фиг*. 479) показываетъ упругость водяного пара при данной температурѣ. Этотъ способъ даетъ точные результаты лишь при обыкновенной температурѣ, при температурахъ же болѣе высокихъ онъ оказывается недостаточнымъ. Это объясняется тѣмъ, что обѣ барометрическія трубки помѣщены въ стеклянномъ цилиндрѣ съ водой, нагрѣваемой до желаемой температуры, а при этомъ точность наблюденій должна умаляться, во-первыхъ, охлажденіемъ воды, а во-вторыхъ—вслѣдствіе цилиндрической формы сосуда—и преломленіемъ лучей, идущихъ отъ барометрическихъ скалъ въ глазъ наблюдателя чрезъ воду

и стекло. Чтобы убѣдиться, насколько велика погрѣшность, проистекающая отъ преломленія, Реньо сравнилъ показанія, полученныя при наблюденіяхъ безъ цилиндра съ водой и съ нимъ; разность оказалась значительной. Тогда онъ замѣнилъ стеклянный цилиндръ жестянымъ ящикомъ со стекляннымъ окошкомъ въ верхней части. Этимъ путемъ, какъ показало сравненіе, погрѣшность отъ преломленія устраняется. Приборъ Дальтона, видоизмѣненный Реньо, даетъ весьма точныя результаты при температурахъ, низшихъ 50⁰. Въ этомъ приборѣ въ ванну, представляющую собой жестяной ящикъ съ плоскими стеклянными окошками, погружены только верхнія части барометровъ; благодаря столь незначительной глубинѣ ванны, температура воды въ ней довольно равномѣрна. Разность уровней наблюдается посредствомъ зрительной трубки, прикрѣпленной къ линейкѣ съ дѣленіями. Для того, чтобы полученное показаніе было сравнимо съ другими показаніями, необходимо сдѣлать слѣдующія поправки: 1) привести замѣченную разность (ртутный столбъ извѣстной высоты) къ 0⁰; 2) выразить величину водяного столба надъ ртутью соотвѣтствующимъ ртутнымъ столбомъ; 3) исправить погрѣшность вслѣдствіе капиллярности.



Фиг. 480. — Аппаратъ Гей-Люссака: опредѣленіе упругости паровъ при температурахъ, низшихъ 0⁰.

Первую поправку дѣлаютъ, руководствуясь знаніемъ коэффиціента расширенія ртути. Остальныя же поправки Реньо дѣлалъ излишними, благодаря особой уловкѣ. Онъ замѣчалъ уровни два раза: разъ, какъ въ предъидущемъ случаѣ, а другой разъ послѣ соединенія обѣихъ трубокъ; такъ какъ можно допустить, что погрѣшности однѣ и тѣ же въ обѣихъ наблюденіяхъ, то при вычитаніи онѣ уничтожаются. Можно думать, что количество воды почти одинаково въ обоихъ случаяхъ. Что касается до вліянія ртутныхъ паровъ, то при температурахъ, низшихъ 50⁰, оно почти равно нулю. Что оно не отсутствуетъ, можно убѣдиться изъ того, что, если надъ чашкой со ртутью держать, въ теплотѣ, пластинку, на которой начерчены линіи безцвѣтнымъ растворомъ соединенія азотносеребряной соли съ амміакомъ, то отъ дѣйствія паровъ ртути линіи эти почернѣютъ и сдѣлаются видимыми.

Контрольные опыты, въ которыхъ вода не соприкасается со ртутью, показываютъ, что вышеописанный способъ Реньо даетъ вполнѣ точные результаты. Барометрическую трубку сообщаютъ, съ одной стороны, съ воздушнымъ насосомъ, а съ другой—съ баллономъ, въ которомъ находится шарикъ съ кипяченой водой; баллонъ погружаютъ въ тающій ледъ и замѣчаютъ уровень ртути въ трубкѣ, содержащей пары. Затѣмъ, нагрѣвая баллонъ, даютъ шарику лопнуть. Производя наблюденія при различныхъ температурахъ, получаемъ числа, вполнѣ согласныя съ предъидущими.

Можно погружать въ воду только баллонъ, лишь бы внѣшняя температура и температура баллона незначительно разнились между собою, и такимъ образомъ сдѣлать поправку и относительно вліянія ртутныхъ паровъ.

Реньо сдѣлалъ предположеніе, что упругость ртутныхъ паровъ при 0⁰ равна нулю; для температуръ, заключающихся между 0⁰ и 100⁰, онъ нашелъ числа, согласно которымъ жидкость должна была бы перегоняться въ холодномъ колѣнѣ, но на дѣлѣ это не такъ, потому что механическое равновѣсіе устанавливается не скоро и перегонка происходитъ медленно.

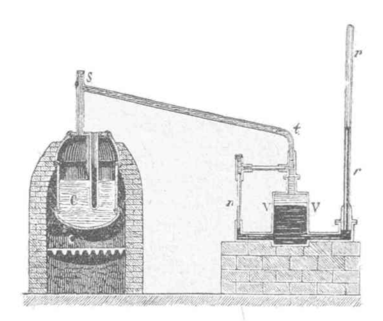
До сихъ поръ мы изучали интересующій насъ вопросъ при температурахъ, высшихъ 0⁰. Обратимся теперь къ температурамъ, низшимъ 0⁰, и воспользуемся извѣстнымъ закономъ Уатта, состоящимъ въ томъ, что, если различныя части какой-нибудь среды, содержающей насыщающій паръ, имѣютъ неодинаковыя температуры, то наибольшая упругость пара въ этой средѣ соотвѣтству-

етъ наиболѣе низкой температурѣ. Первыя измѣренія наибольшей упругости пара при температурахъ, низшихъ нуля, были произведены Гей-Люссакомъ, который пользовался при этомъ нѣсколько видоизмѣненнымъ способомъ Дальтона.

Загнутый верхній конецъ барометрической трубки В, погружаютъ въ охладительную смѣсь, температура которой указывается термометромъ. Эта температура есть, конечно, и температура паровъ, отдѣляющихся при испареніи введенной въ барометрическую трубку воды. Разность уровней ртути въ трубкахъ А и В Гей-Люссакъ опредѣлялъ посредствомъ зрительной трубки (съ сѣткою), передвигающейся по линейкѣ съ дѣленіями.

Недостатокъ этого способа состоялъ въ томъ, что температура изъ тѣстообразной охладительной смѣси (изо льда съ солью) была неточно извѣстна. Поэтому Гей-Люссакъ сталъ производить тѣ же наблюденія съ жидкой охладительной смѣсью изъ снѣга и хлористаго кальція, температура которой поддерживалась постоянною путемъ размѣшиванія. Въ эту смѣсь онъ погружалъ расширенную въ баллонъ загнутую часть барометрической трубки.

Если мы имѣемъ дѣло не съ водою, а съ такими жидкостями, у которыхъ наибольшая упругость паровъ при обыкновенныхъ температурахъ равна атмосферному давленію или даже выше его, то вмѣсто барометрическаго манометра



Фиг. 481.—Опредѣленіе упругости паровъ: аппаратъ Дюлонга и Араго.

необходимо употреблять открытый манометръ. Дальтонъ при такихъ изслѣдованіяхъ пользовался двухколѣнной трубкой съ закрытымъ короткимъ концомъ. Въ этотъ конецъ онъ вводилъ ртуть, затѣмъ, наклонивъ трубку, впускалъ въ нее испытуемую жидкость и замѣчалъ разность уровней. Реньо для той же цѣли соединялъ такую же трубку съ открытымъ манометромъ, причемъ двухколѣнную трубку, содержавшую паръ, онъ погружалъ всю въ ящикъ съ плоскими стеклянными окошками, служившій ванною; отъ манометра эту трубку отдѣляла тонкая трубка, черезъ которую впускался воздухъ подъ желаемымъ давленіемъ. Разность уровней замѣчалась посредствомъ зрительной трубки, передвигаемой по линейкѣ съ дѣленіями, и приводилась къ 0°.

Для весьма летучихъ тѣлъ, каковы сгущенные газы, Реньо видоизмѣнилъ приборъ слѣдующимъ образомъ. Вставилъ въ ванну крѣпкій желѣзный сосудъ, раздѣленный перегородкою на двѣ калиброванныя камеры. Въ одну камеру онъ вводилъ сжиженный газъ, а въ другую—опредѣленное количество ртути; съ этой второй камерой сообщался манометръ со сжатымъ воздухомъ; газъ удерживался въ сжатомъ состояніи посредствомъ насоса. Зная разность уровней въ колѣнахъ манометра, вѣсъ введенной ртути и емкость камеръ, нетрудно было опредѣлить разность уровней ртути въ камерахъ.

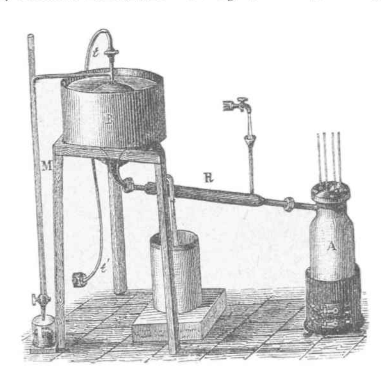
Результаты, даваемые Реньо для углекислоты, однако-же ошибочны. Какъ мы знаемъ, такія наблюденія необходимо вести при температурѣ, низшей, неже-

ли критическая, такъ какъ въ противномъ случаѣ паръ не будетъ насыщать пространства. Реньо же наблюдалъ углекислоту при 45⁰, между тѣмъ какъ ея критическая температура есть 30⁰, т.-е. онъ наблюдалъ газъ, а не насыщающій паръ: желѣзный сосудъ не позволялъ экспериментатору видѣть, что паръ не насыщаетъ пространства.

Динамическій способъ, также принадлежащій Дальтону, основанъ на кипѣніи. Этимъ способомъ пользовался Реньо въ своихъ измѣреніяхъ наибольшей упругости паровъ при высокихъ температурахъ.

Прежде чѣмъ говорить объ относящихся сюда изслѣдованіяхъ Реньо, мы скажемъ нѣсколько словъ объ опытахъ Дюлонга и Араго, предпринятыхъ по порученію правительства.

Съ толстостѣннымъ котломъ (*фиг.* 481), снабженнымъ предохранительнымъ клапаномъ, сообщался посредствомъ трубки *St*. манометръ со сжатымъ воздухомъ *rr*. Воздухъ изъ верхней части котла выгонялся путемъ кипѣнія воды при открытомъ клапанѣ, затѣмъ послѣдній запирали. Тогда манометръ показывалъ



Фиг. 482.—Опредѣленіе упругости паровъ—по методу кипѣні

упругость насыщающаго водяного пара; при этомъ температура указывалась термометрами, въ желѣзныхъ футлярахъ, погруженными—одинъ въ воду, другой въ паръ. Дюлонгъ и Араго доходили въ своихъ наблюденіяхъ до 224⁰; при такой тепературѣ упругость пара равнялась 24 атмосферамъ.

Реньо произвелъ два ряда опытовъ; одинъ—съ небольшимъ котелкомъ—при температурахъ, низшихъ 50⁰; этими опытами онъ подтвердилъ результаты, полученные имъ ранѣе; другой — съ большимъ котломъ — при болѣе высокихъ температурахъ. Его котелъ A (*фиг.* 482) сообщался съ баллономъ B, воздухъ въ которомъ разрѣжался черезъ трубку *tt*. Изъ четырехъ термометровъ въ желѣзныхъ, наполненныхъ ртутью, футлярахъ, два погружались въ воду, другіе два — въ паръ. Въ этихъ опытахъ опредѣляли: 1) температуру кипѣнія; на наступившее кипѣніе указывали характерный шумъ и постоянство температуры; 2) давленіе, подъ которымъ происходило кипѣніе; это давленіе показывалъ манометръ M. Для того, чтобы упругость оставалась постоянною во все время опыта, баллонъ большой вмѣстимости поддерживался при одной и той же температурѣ; только при большомъ баллонѣ можно пренебречь соединительными трубками. При высокихъ температурахъ давленіе слѣдуетъ увеличивать; при низкихъ — уменьшать. Полученные результаты Реньо выразилъ таблицами и кривыми (температуры откладывались на абсциссѣ, давленія—на ординатахъ). Кривыя, относившіяся къ одной серіи опытовъ, представлялись безпрерывными. Кривыя раз-

личныхъ серій были не одинаковы, но параллельны; средняя и была принята за наиболѣе точную.

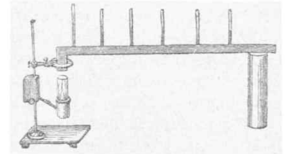
Изъ полученныхъ такимъ образомъ результатовъ видно, что кривая воды при переходѣ черезъ 0° не представляетъ непрерывности; это значитъ, что упругость паровъ льда и воды при одной и той же температурѣ одинакова. Отсюда слѣдуетъ, что: 1) *упругость пара не зависитъ отъ того, находится ли тѣло въ твердомъ или жидкомъ состояніи;* если возьмемъ смѣсь нѣсколькихъ жидкостей, неспособныхъ образовать между собою ни опредѣленнаго химическаго соединенія, ни раствора, то наибольшая *упругость паровъ смѣси будетъ равна суммѣ наибольшей упругости всѣхъ взятыхъ жидкостей.* Если же смѣшиваемыя жидкости образуютъ растворъ, то наибольшая упругость смѣси *меньше* суммы упругостей; нерѣдко она даже меньше наибольшей упругости наиболѣе летучей изъ взятыхъ жидкостей.

Провѣряя справедливость Дальтонова закона относительно смѣси газовъ и паровъ, Реньо нашелъ, что наибольшая упругость пара въ атмосферѣ какого либо газа меньше, чѣмъ въ пустотѣ.

Но это зависитъ отъ того, что часть паровъ сгущается на стѣнкахъ баллона, такъ что законъ Дальтона долженъ считаться строго-справедливымъ.

Упругость паровъ жидкости, въ которой растворена какая-либо соль, всегда меньше упругости той же жидкости въ чистомъ состояніи.

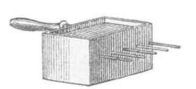
Эти опыты слѣдуетъ производить по статистическому способу, такъ какъ при динамическомъ жидкость и ея паръ имѣютъ неодинаковыя температуры; термометръ при этомъ смачивается жидкостью, температуру которой онъ указываетъ.



Фиг. 483.—Распредѣленіе теплоты вдоль нагрѣваемаго на одномъ концѣ металлическаго стержня.

Въ массѣ всякаго тѣла теплота, передаваясь отъ частицы къ частицѣ, можетъ распространяться по всѣмъ направленіямъ, часто на значительное разстояніе отъ точекъ приложенія теплоты къ тѣлу; подобное распространеніе теплоты совершается не мгновенно, а съ опредѣленной скоростью, различной для различныхъ тѣлъ. Эта-то проходимость для теплоты и называется *теплопроводностью* тѣла (*фиг.* 483). Если одинъ конецъ серебряной ложки погрузить въ кипящую воду, а другой конецъ взять въ руку, то уже очень скоро ложка сдѣлается настолько горячею, что она будетъ жечь руку. Изъ этого видно, что теплопроводность серебра очень велика.

Различныя тѣла обладаютъ, какъ сказано, различной теплопроводностью. Пусть два стержня одинаковыхъ размѣровъ, но изъ различныхъ веществъ, расположены одинъ на продолженіи другого; если, приклеивъ къ нимъ воскомъ рядъ деревянныхъ шариковъ, будемъ нагрѣвать ихъ въ мѣстѣ соприкосновенія, то воскъ въ различныхъ мѣстахъ растаетъ и шарики станутъ отпадать въ различные моменты; тотъ стержень, отъ котораго до даннаго момента отпало большее число шариковъ, мы, конечно, признаемъ лучше проводящимъ теплоту.



Фиг. 484. — Теплопроводность твердыхъ тѣлъ: аппаратъ Ингенгуза.

Ингенгузъ устроилъ приборъ, при помощи котораго можно сравнить теплопроводность различныхъ тѣлъ (*фиг.* 483). Это ящикъ, въ который черезъ отверстія, сдѣланныя въ одной изъ его стѣнокъ, вставлены прутья изъ различныхъ веществъ, покрытыя тонкимъ слоемъ воска. Ящикъ наполняется кипящей водой, благодаря чему внутренніе концы всѣхъ прутьевъ принимаютъ температуру 100°; отсюда теплота распространяется вдоль прутьевъ, и воскъ на послѣднихъ таетъ. Чѣмъ больше проводимость даннаго вещества, тѣмъ на большемъ протяженіи таетъ воскъ. Замѣтимъ тутъ, что теплопроводность тѣла измѣряется силою нагрѣванія, а не быстротой послѣдняго.

Изъ такихъ наблюденій видно, что металлы проводятъ тепло неодинаково. Наибольшей проводимостью обладаетъ серебро, за нимъ идутъ: мѣдь, золото, латунь, олово, желѣзо, свинецъ, платина, висмутъ. Большой теплопроводностью металловъ именно и объясняется любопытное свойство металлическихъ тканей обрывать пламя. Если пламя газоваго рожка покрыть металлической сѣткой, то за послѣднюю пламя не будетъ переходить; точно также, если черезъ сѣтку пропустить незажженный газъ и зажечь его надъ нею, то пламя внизъ не перейдетъ. Этимъ свойствомъ металлическихъ тканей счастливо воспользовался Деви, устроивъ лампу, предохраняющую горнорабочихъ отъ взрыва рудничнаго (углеродисто-водороднаго) газа при соприкосновеніи послѣдняго съ пламенемъ. *Предохранительная лампа* Деви, есть обыкновенная лампа, въ которой пламя окружено металлической сѣткой. Если въ рудникѣ и образуется газъ, то взрывъ произойдетъ только внутри лампы, наружу же пламя не выйдетъ; такимъ образомъ, рабочій успѣетъ безопасно выйти изъ рудника.

Теплопроводность металла гораздо значительнѣе теплопроводности неметаллическихъ тѣлъ: дерева, мрамора, кирпича и т. д. Этимъ-то и объясняется то, что хорошіе проводники на ощупь кажутся холоднѣе дурно проводящихъ тѣлъ; такъ, рука, прикасаясь къ металлическому предмету при температурѣ около 10°, ощущаетъ сильнѣйшій холодъ, между тѣмъ какъ при прикосновеніи къ дереву ощущенія холода не получается; металлическій предметъ, нагрѣваемый на одномъ концѣ, совершенно невозможно держать голой рукой за другой его конецъ, зажженную же спичку можно держать вполнѣ свободно.

Благодаря своей дурной проводимости, кирпичъ представляетъ пригодный матеріалъ для постройки ледниковъ. Круглая яма, 6—8 метровъ въ діаметрѣ, выложенная кирпичемъ, набивается льдомъ; сверху послѣдній прикрываютъ соломой. Вслѣдствіе частичнаго таянія куски льда смерзаются между собою, образуя одну сплошную глыбу. Избытокъ воды удаляется чрезъ водостокъ.

Жидкости, за исключеніемъ ртути, которая есть металлъ, представляютъ собой весьма дурные проводники тепла. Въ этомъ легко убѣдиться, нагрѣвая какую-нибудь жидкость сверху и наблюдая, какъ медленно при этомъ нагрѣвается нижній слой. При нагрѣваніи жидкости сверху различные слои не могутъ перемѣшиваться, не происходитъ конвекціи теплоты и поэтому не бываетъ быстраго повышенія температуры, какъ при нагрѣваніи снизу. Если, напр., въ нижней части наполненной водою трубки помѣстить кусокъ льда и, удерживая его въ этомъ мѣстѣ, нагрѣвать верхнюю часть трубки, то вода въ этой части можетъ закипѣть въ то время, какъ ледъ, внизу, не растаетъ.

Что касается газовъ, то они проводятъ теплоту еще хуже, чѣмъ жидкости, но непосредственнымъ опытомъ убѣдиться въ этомъ трудно, такъ какъ въ случаѣ газовъ почти невозможно устранить конвекціи. Дурная проводимость веществъ волокнистаго строенія зависитъ именно отъ того, что въ промежуткахъ между волокнами находится воздухъ; пуховыя одѣяла грѣютъ такъ хорошо именно потому, что между перышками заключается воздухъ; употребленіе двойныхъ оконныхъ рамъ основано на дурной проводимости воздуха, заключеннаго между ними. Дурная проводимость войлока нашла себѣ приложеніе въ устройствѣ любопытнаго прибора, извѣстнаго подъ именемъ *автоматическаго котла*. Это—обыкновенный котелъ, помѣщенный въ ящикѣ, который выложенъ внутри толстымъ слоемъ войлока; поверхъ крышки котла кладется войлочная подушка. Положивъ въ котелъ мяса, овощей и пр. и наливъ въ него воды, нагрѣваютъ его на очагѣ до тѣхъ поръ, пока не закипитъ вода; затѣмъ его ставятъ въ ящикъ на нѣсколько часовъ, по истеченіи которыхъ въ котлѣ оказывается хорошо сварившійся супъ; это станетъ весьма понятно, если замѣтить, что за три часа температура воды понижается едва на 10°.

Водородъ проводитъ теплоту лучше остальныхъ газовъ; въ этомъ сказывается приписываемый ему характеръ металла. Указанное свойство водорода легко обнаружить путемъ слѣдующаго простого опыта. Если, накаливъ элек-

трическимъ токомъ платиновую проволоку, помѣстить ее въ атмосферѣ водорода, то она тотчасъ же охладится, между тѣмъ какъ въ атмосферѣ всякаго другого газа она долгое время остается въ раскаленномъ состояніи.

Намъ не разъ приходилось говорить о количествахъ теплоты. Посмотримъ теперь, какъ такія количества измѣряются. Отдѣлъ физики, занимающійся измѣреніемъ теплоты, называется *калориметріей*.

За единицу теплоты въ физикѣ принимается количество теплоты, потребное для того, чтобы граммъ воды нагрѣлся отъ 0⁰ до 1⁰. *Теплоемкостью*, или *удѣльной теплотой* тѣла называютъ количество теплоты, которое необходимо для того, чтобы температуру единицы вѣса этого тѣла повысить съ 0⁰ до 1⁰; согласно этому, теплоемкость воды равна *единицѣ*.

Опытъ показываетъ, что количество теплоты, затраченной на нагрѣваніе тѣла, почти совершенно пропорціонально числу прибавившихся градусовъ; поэтому теплоемкостью тѣла можно—общѣе—назвать количество теплоты, которое необходимо для нагрѣванія единицы вѣса на 1⁰. Для того, чтобы температуру какого-нибудь тѣла возвысить на 10⁰, ему нужно сообщить въ десять разъ больше теплоты, чѣмъ для повышенія его температуры съ 0⁰ до 1⁰.

Для опредѣленія теплоемкости тѣла обыкновенно употребляется *способъ смѣшенія*, который мы изложимъ въ существенныхъ чертахъ. Здѣсь допускаютъ во-первыхъ, что при охлажденіи, напр., на 10⁰ тѣло теряетъ столько же теплоты, сколько нужно для нагрѣванія его на 10⁰; во-вторыхъ, что, если смѣшать нѣсколько тѣлъ, имѣющихъ неодинаковую температуру, то черезъ нѣсколько времени установится во всей смѣси равномѣрная температура, причемъ количество теплоты, *пріобрѣтенное* нагрѣвшимися тѣлами, будетъ равно какъ разъ тому количеству теплоты, какое *потеряли* тѣла охладившіяся.

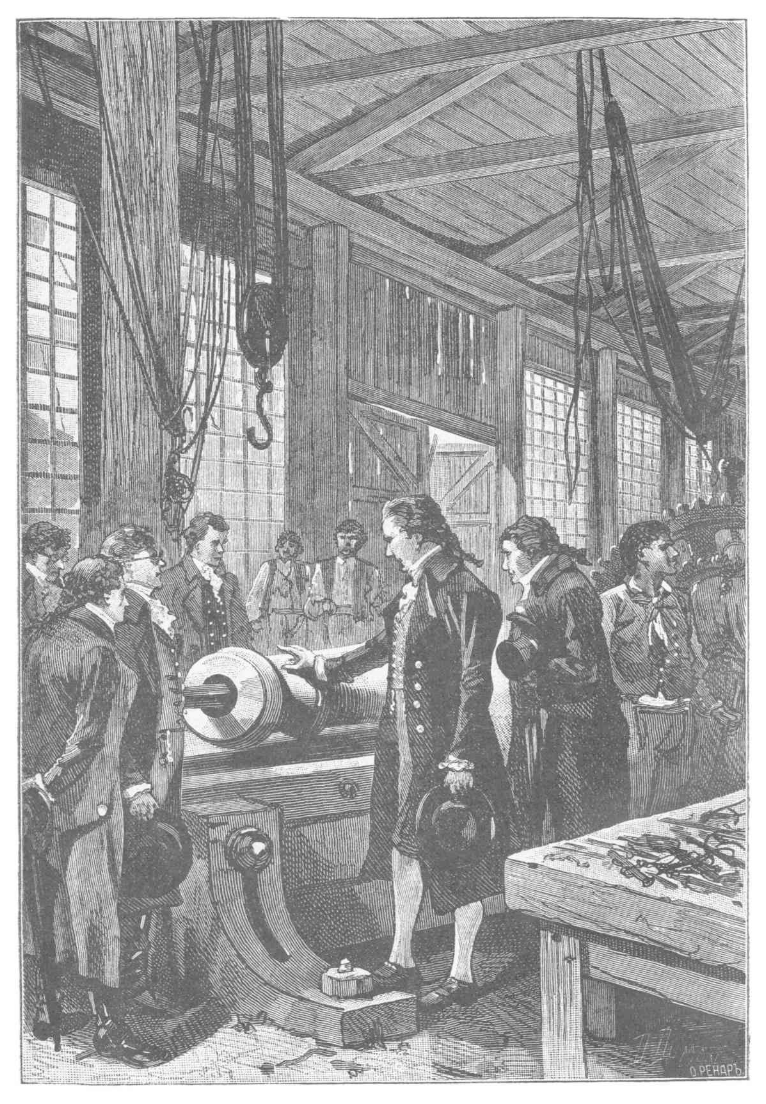
Испытанное тѣло погружаютъ въ латунный сосудъ—*калориметръ*—съ водой (*фиг.* 483). Погруженный въ тотъ же сосудъ термометръ указываетъ температуру въ моментъ погруженія тѣла въ калориметръ и въ то время, когда уже установилась постоянная температура. При вычисленіи теплоемкости тѣла необходимо, конечно, принимать въ разсчетъ не только охлажденіе тѣла и нагрѣваніе воды въ калориметрѣ, но, съ одной стороны, и охлажденіе оболочки, которою нерѣдко бываетъ окружено испытуемое тѣло, а съ другой стороны, и нагрѣваніе самого сосуда, служащаго калориметромъ, а также термометра и вообще всѣхъ частей прибора, нагрѣвающихся на счетъ испытуемаго тѣла.

Если будемъ разсматривать таблицу теплоемкостей различныхъ тѣлъ, то замѣтимъ, что теплоемкости всѣхъ тѣлъ, за исключеніемъ воды, меньше единицы. Такъ, удѣльная теплота серебра есть 0,05601; это значитъ, что, если для нагрѣванія 1 килограмма воды отъ 0⁰ до 1⁰ требуется издержать 1 калорію, то для такого же повышенія температуры 1 килограмма серебра необходимо только 0,05601 кал.

Наибольшей теплоемкостью, какъ сказано, обладаетъ вода. Это обстоятельство весьма важно для температуры земли. Освобождая огромныя количества теплоты при своемъ охлажденіи, вода морей и рѣкъ даетъ возможность атмосферному воздуху поглощать такія количества тепла для своего нагрѣванія и для образованія соотвѣтствующаго количества водяныхъ паровъ. Такимъ образомъ вода регулируетъ температуру земли и окружающей ее атмосферы. Не будь ея, переходъ отъ температуры дня къ температурѣ ночи былъ бы чрезвычайно рѣзокъ.

Изслѣдованія Дюлонга и Пти показали, что атомы различныхъ тѣлъ для нагрѣванія до одной и той же температуры требуютъ одного и того же количества теплоты. Это вытекаетъ изъ того, что *произведеніе атомнаго вѣса (пая) на теплоемкость* есть число почти одинаковое для всѣхъ тѣлъ, т.-е. число *постоянное*. (Оно равно приблизительно 6,4.—*Пер.*)

Что касается до газовъ, то у нихъ необходимо различать: 1) теплоемкость при постоянномъ давленіи,—количество теплоты, нужное для нагрѣванія на 1⁰



Фиг. 485.—Румфордъ, наблюдающій превращеніе механической работы въ теплоту.

единицы вѣса газа, могущаго свободно расширяться, но сохраняющаго при этомъ постоянную упругость,—и 2) теплоемкость при постоянномъ объемѣ, т.-е. количество теплоты, которое необходимо издержать для того, чтобы нагрѣть на 1° единицу вѣса газа въ томъ случаѣ, когда можетъ измѣняться только его упругость, объемъ же измѣняться не можетъ.

Въ случаѣ твердыхъ и жидкихъ тѣлъ этого различія можно не дѣлать, во-первыхъ, потому, что расширеніе такихъ тѣлъ при нагрѣваніи не велико, а во-вторыхъ, потому, что эти тѣла обыкновенно могутъ свободно расширяться. Для газовъ, какъ показали изслѣдованія Дезорма, Массона и Реньо, отношеніе двухъ теплоемкостей есть число постоянное и равное 1,41.

Теплота плавленія и теплота испаренія опредѣляются, подобно удѣльной теплотѣ, способомъ смѣшенія. Теплота плавленія (таянія) льда Лапровостажемъ и Дезэномъ найдена равною 79,25 кал. Важные труды Ренью надъ теплотой испаренія воды показали, что количество тепла, необходимое для превращенія въ паръ 1 килограмма воды при постоянной температурѣ 100°, равно 536 кал.

Въ промышленности важно знать общую сумму тепла, расходуемаго на возвышеніе температуры и на испареніе. Если вода, первоначально имѣвшая температуру 0°, испаряется при температурѣ T°, то эта общая сумма $Q = 606{,}5 + 0{,}305 \times T$.

При химическихъ процессахъ, совершающихся въ тѣлѣ животныхъ, безпрерывно производятся огромныя количества теплоты, благодаря чему только и возможно постоянство внутренней температуры тѣла. У различныхъ животныхъ температура эта различна: у голубя она 43°, у обезьяны 40°, у змѣи 31°, у устрицы 27°, у рака 26°, у сверчка 23°, у форели 14 *).

Обратимся теперь къ отношеніямъ между теплотой и механической работой, изучаемыми въ *термодинамикѣ*. Согласно законамъ раціональной механики, необходимо считать, что въ то время, когда дѣйствіе машины совершается равномѣрно, работа силъ движущихъ какъ разъ равна работѣ силъ противодѣйствующихъ. Но если измѣримъ, съ одной стороны, *движущую работу*, а съ другой — *полезную работу (полезное дѣйствіе)*, то увидимъ, что первая больше второй; такъ бываетъ всегда. Возьмемъ, для примѣра, тотъ случай, когда машина-сама приводимая въ движеніе силою паденія воды, перемѣщаетъ другой столбъ, воды. Такой случай мы имѣемъ въ старинной машинѣ Марли, которая сама приходилась въ дѣйствіе паденіемъ извѣстнаго столба воды съ опредѣленной высоты и въ свою очередь передавала иное количество воды изъ одного резервуара въ другой, вышележащій. Здѣсь *движущая работа* есть произведеніе вѣса падающей воды на высоту ея паденія, а *полезная работа* выражается произведеніемъ вѣса поднимаемой воды на разность уровней въ резервуарахъ; это-то произведеніе и оказывается всегда меньшимъ, чѣмъ движущая работа. Въ машинѣ Марли оно составляло лишь $\frac{1}{10}$ движущей работы, но и въ самыхъ лучшихъ машинъ оно все-таки менѣе $\frac{2}{3}$ послѣдней. Эотъ недочетъ находитъ себѣ объясненіе въ существованіи такъ-называемыхъ пассивныхъ противодѣйствующихъ силъ, важнѣйшая изъ которыхъ есть *треніе*. Но если энергія теряться не можетъ, то, очевидно, мы здѣсь имѣемъ дѣло съ нѣкоторымъ превращеніемъ ея.

Механика допускаетъ существованіе особой силы, называемой *треніемъ*; работа этой силы какъ разъ равна разности между движущей работой и полезной работой. Изслѣдуя трущіяся поверхности, мы замѣчаемъ, что онѣ тѣмъ болѣе нагрѣваются, чѣмъ сильнѣе треніе, или,—что тоже,—чѣмъ больше недочетъ въ работѣ, такъ какъ на-ряду съ этимъ нагрѣваніемъ мы не наблюдаемъ охлажденія какой-либо изъ частей машины, то мы приходимъ къ заключенію, что являющаяся теплота есть прямой результатъ тренія. Заключеніе это вполнѣ

*) Животное помѣщаютъ въ ивовую клѣтку въ мѣдномъ ящикѣ, погруженномъ въ калориметръ. Воздухъ притекаетъ въ клѣтку изъ газометра; негодные продукты дыханія пропускаются чрезъ калориметръ въ змѣевикъ, собираются и анализируются.

согласуется съ общеизвѣстнымъ фактомъ, что при треніи двухъ тѣлъ одно о другое является теплота—тѣмъ бо̀льшая, чѣмъ сильнѣе треніе. Въ тотъ моментъ, когда машинистъ останавливаетъ поѣздъ тормазомъ, изъ останавливаемаго колеса нерѣдко вылетаютъ искры. Оси колесъ у вагона *смазываются* во время хода поѣзда для того, чтобы онѣ не нагрѣлись чрезмѣрно вслѣдствіе тренія о подушки; ради того же машинистъ смазываетъ различныя части своей машины, столяръ — свою пилу, и т. п. Всегда это дѣлается съ цѣлью воспрепятствовать превращенію механической энергіи въ теплоту, съ цѣлью какъ можно лучше утилизировать затрачиваемую работу.

Моряки подмѣтили, что морская вода нагрѣвается во время бури: здѣсь въ теплоту превращаются удары волнъ однихъ о другія. Если ртуть перебрасывать изъ одного сосуда въ другой, то она такъ сильно нагрѣвается, что въ соприкосновеніи съ ней легко можетъ воспламениться керосинъ. Чтобы обогрѣть руки зимою, мы тремъ ихъ одну о другую, дикари, какъ извѣстно, добываютъ огонь треніемъ двухъ кусковъ дерева одного о другой.

Наблюдая работу на мюнхенскомъ пушечномъ заводѣ, Румфордъ*) былъ пораженъ тѣмъ, какъ быстро и сильно нагрѣваются пушки при сверленіи (*фиг.* 485). Въ 1798 г. онъ поддерживалъ кипѣніе воды путемъ такого освобожденія теплоты. Этотъ ученый первый обратилъ вниманіе на отношеніе, существующее между теплотой и механической работой.

Если тереть два куска льда одинъ о другой, то куски эти, какъ это замѣтилъ Деви, будутъ таять.

Подобно тому, какъ *работа превращается въ теплоту, и теплота можетъ превратиться въ работу*. Румфордъ показалъ возможность такого перехода, простымъ опытомъ: онъ замѣтилъ, что при выстрѣлѣ больше нагрѣвается ружье, заряженное однимъ порохомъ, чѣмъ ружье, заряженное и порохомъ и пулей: во второмъ случаѣ часть теплоты тратится, очевидно, на выбрасываніе пули.

Мы можемъ представить себѣ еще болѣе простой случай. Положимъ, что полезная работа машины равна нулю. Въ этомъ случаѣ равномѣрное движеніе машины есть результатъ одновременнаго дѣйствія внѣшней движущей силы и тренія. Остановивъ машину, мы убѣдимся, что единственный эффектъ выразился въ образованіи теплоты. Такимъ образомъ, движущая работа, очевидно, можетъ быть потрачена исключительно на производство теплоты.

Наилучшимъ доказательствомъ подобной исключительной траты работу на образованіе теплоты можетъ служить слѣдующій опытъ Тиндаля. Въ металлическую трубку наливаютъ эфира и плотно запираютъ ее пробкою. Эту трубку, посредствомъ рукоятки, двухъ зубчатыхъ колесъ, шнурка и блока приводятъ въ быстрое вращательное движеніе около ея продольной оси. При этомъ движеніи трубка трется между плоскими вѣтвями обнимающихъ ее щипцовъ.

Отъ тренія трубка, а вмѣстѣ съ тѣмъ и содержащійся въ ней эфиръ, нагрѣвается; вслѣдствіе повышенія температуры эфира упругость его паровъ увеличивается, и пробка съ шумомъ вылетаетъ. Внѣшней силою, дѣйствующей на систему, образуемую трубкой и щипцами, является усиліе, употребляемое на вращеніе рукоятки. Такъ какъ эта система, поглощая извѣстную работу, сама не производитъ никакой, то ея энергія, очевидно, должна увеличиваться на количество расходуемой работы; но наблюдая машину въ томъ случаѣ, когда пробка ввинчена, такъ что выскочить не можетъ, мы замѣчаемъ, что единственнымъ результатомъ движенія машины является въ этомъ случаѣ образованіе теплоты; слѣдовательно, здѣсь увеличилась исключительно *тепловая энергія* системы: эта послѣдняя пріобрѣла *способность* выбросить пробку

Количество теплоты, выдѣляющейся вслѣдствіе тренія, не можетъ быть

*) Томсонъ Румфордъ, род. въ Нью-Гэмпшайрѣ (въ Америкѣ) 26-го марта 1753 г., ум. въ Отейлѣ 21 августа 1814 г. Его важныя открытія относятся къ области теплоты и свѣта. Изъ сочиненій его назовемъ *изслѣдованія объ источникѣ теплоты, возбуждаемой треніемъ*.

опредѣлено во время работы машины, но мы можемъ сравнить его съ другимъ количествомъ теплоты, извѣстнымъ въ точности,—принятымъ за единицу. Если между числомъ, выражающимъ работу движущей силы, и числомъ, выражающимъ освобождающуюся теплоту, при всякихъ условіяхъ опыта, будетъ найдено *простое постоянное отношеніе*, то этимъ самымъ будетъ доказано существованіе извѣстной *эквивалентности* между освобожденной теплотой и необходимой для ея освобожденія движущей работой. Такое отношеніе, какъ показываетъ опытъ, дѣйствительно существуетъ. Путемъ многочисленныхъ изслѣдованій найдено, что всегда для полученія одной малой калоріи требуется затратить 417000000 эрговъ, или—что одно и то же—425 килограмметровъ даютъ одну большую калорію.

При изученіи эквивалентности между механической работой и теплотой могутъ представиться два случая: 1) или работа тратится на теплоту (т. е. превращается въ послѣдней)—путемъ тренія, удара и т. п.; 2) или, наоборотъ, теплота превращается въ работу (паровыя машины и т. п.).

Наиболѣе точныя изслѣдованія надъ образованіемъ теплоты отъ тренія были произведены Джаулемъ, въ Манчестерѣ (1845—1849 гг.). Въ одномъ рядѣ опытовъ, онъ изучалъ треніе жидкихъ частицъ однихъ о другія. Свинцовая гиря, спускавшаяся вдоль линейки съ дѣленіями, приводила въ движеніе ось съ насаженными на нее 8 лопатками, помѣщенную въ калориметрѣ съ водою. Треніе внѣ калориметра устранялось искуснымъ и простымъ расположеніемъ частей, такъ что вся теплота, которую пріобрѣталъ калориметръ, происходила изъ затрачиваемой движущей работы; благодаря этому, можно было вычислить механическій эквивалентъ теплоты. Въ этихъ опытахъ для полученія большой калоріи требовалось издержать 424,1 килограмметра (для полученія малой—41601000 эрговъ). Въ двухъ другихъ рядахъ опытовъ Джауль работалъ съ калориметромъ со ртутью и нашелъ числа килограмметровъ, соотвѣтствующія большой калоріи, равными 424,2 и 425,5. Наконецъ, двѣ серіи наблюденій надъ треніемъ двухъ твердыхъ тѣлъ одного о другое (два чугунныхъ жернова терлись одинъ о другой въ калориметрѣ со ртутью) дали числа 425,9 и 424,8. Небольшое несовпаденіе между собой всѣхъ этихъ чиселъ можно было объяснить несовершеннымъ расположеніемъ опытовъ и заключить, такимъ образомъ, что количество теплоты, возбуждаемой треніемъ, всегда пропорціонально затрачиваемой движущей работѣ, причемъ коэффиціентъ пропорціональности не зависитъ отъ природы трущихся тѣлъ и равенъ приблизительно 425 килограмметрамъ. Этотъ коэффиціентъ выражаетъ, что *возбужденіе* такого количества *теплоты*, которое необходимо для нагрѣванія 1 килограмма воды отъ 0° до 1°, и *поднятіе груза* въ 425 килограммовъ на высоту 1 метра—суть дѣйствія, механическія, одно другому равносильныя, что въ томъ и другомъ случаѣ тратится одно и то же количество энергіи.

Указанный механическій эквивалентъ теплоты совершенно одинъ и тотъ же, возбуждается ли теплота треніемъ или какимъ-либо инымъ процессомъ. Пользуясь аппаратомъ Фуко, Віолль измѣрялъ, съ одной стороны, работу, которую нужно издержать на преодолѣніе электромагнитнаго сопротивленія индуктивныхъ токовъ, а съ другой—обусловливаемое имъ нагрѣваніе мѣдной пластинки (это послѣднее измѣреніе производилось путемъ погруженія пластинки въ калориметръ съ водой). Во всѣхъ этихъ опытахъ были найдены числа, весьма близкія къ 425.

Выброшенная изъ ружья свинцовая пуля, ударяясь о какую-либо твердую преграду, раздавливается и отскакиваетъ отъ нея съ незначительной скоростью, но за то она нагрѣвается нерѣдко до температуры плавленія.

Гирнъ *) изучалъ возбужденіе теплоты ударомъ двухъ тѣлъ одного о дру-

*) Густавъ-Адольфъ Гирнъ, род. въ Логельбахѣ, близъ Кольмара (Эльзасъ) 21 авг. 1815 г., ум. въ Логельбахѣ 14 янв. 1890 г. Въ 1834 г. поступилъ химикомъ на одну изъ логельбахскихъ бумагопрядиленъ, гдѣ служилъ долгое время. Предметомъ наиболѣе серьезныхъ его занятій были

гое. На громадный камень, покрытый сверху кованымъ желѣзомъ, онъ помѣщалъ кусокъ свинца вѣсъ и теплоемкость котораго ему были извѣстны, и затѣмъ опускалъ на этотъ свинецъ большой чугунный молотъ. Зная, съ одной стороны, работу, которую совершалъ молотъ при своемъ паденіи, а съ другой—нагрѣваніе свинца отъ удара, Гирнъ могъ вычислить механическій эквивалентъ теплоты. Въ шести такихъ наблюденіяхъ отношеніе работы, выраженной въ килограмметрахъ, къ числу большихъ калорій, получились близкимъ къ 425. Тотъ же ученый вычислилъ это отношеніе и при обратномъ процессѣ—при превращеніи теплоты въ работу. Относящіеся сюда опыты были произведены на сильныхъ паровыхъ двигателяхъ въ бумагопрядильныхъ въ Логельбалѣ близъ Кольмара. Что происходитъ въ машинѣ за то время, пока поршень успѣетъ разъ подняться и опуститься? Въ холодильникъ накачивается извѣстное колитество воды, вода эта проникаетъ въ котелъ, здѣсь она нагрѣвается и превращается въ насыщающій паръ, который устремляется въ цилиндръ, поднимаетъ поршень и, потерявъ свою силу, переходитъ въ холодильникъ, такъ что въ концѣ этого ряда превращеній все въ машинѣ находится въ томъ же состояніи, какъ въ началѣ. Не только всѣ части механизма приняли свое первоначальное относительное положеніе, но и самый движущій агентъ возвратился въ свое прежнее состояніе; такъ какъ при этомъ была совершена извѣстная внѣшняя работа, то казалось бы, что мы здѣсь имѣемъ дѣло съ безпрерывнымъ движеніемъ, какъ оно, дѣйствительно и должно быть, если только въ теченіе періода хода не произошло никакой потери энергіи.

Такъ представляется дѣло, покуда мы разсматриваемъ паровую машину только въ отношеніи механическихъ явленій, покуда мы ищемъ только ту энергію, которая проявляется въ видимомъ движеніи частей машины, но трудность исчезаетъ тотчасъ же, какъ только мы примемъ во вниманіе теплоту: при образованіи пара въ котлѣ у послѣдняго отнимается извѣстное количество тепла, а при сгущеніи этого пара въ холодильникѣ, здѣсь освобождается извѣстное количество теплоты. Если эти два количества равны между собою, то невозможность существуетъ, если же они не равны, то трудность преодолѣна. Опыты Гирна показали, что паръ сообщаетъ холодильнику меньше тепла, чѣмъ онъ поглощаетъ у котла, причемъ недочетъ въ теплотѣ пропорціоналенъ работѣ, произведенной паромъ; отношеніе же (т.-е. коэффиціентъ пропорціональности, иначе—механическій эквивазентъ теплоты), которое Гирнъ и не предположилъ опредѣлить въ точности, было найдено колеблющимся между 300 и 400.

Во всѣхъ вышеописанныхъ опытахъ, приведшихъ къ тому, что число 425, найденое Джаулемъ наиболѣе прямымъ и наиболѣе точнымъ способомъ, должно быть принято за постоянный для всѣхъ случаевъ механическій эквивалентъ теплоты или тепловой эквивалентъ работы, мы предполагали, что имѣемъ дѣло только съ двумя явленіями—съ затрачиваніемъ работы и освобожденіемъ теплоты. Но не всегда дѣло бываетъ такъ просто: нерѣдко, затрачивая извѣстную работу, мы, помимо возбужденія теплоты, производимъ и иное какое-либо дѣйствіе или цѣлый рядъ дѣйствій. Пусть, напр., поршень на который наложенъ извѣстный грузъ, давитъ, опускаясь, на какое-нибудь сжимаемое тѣло; тогда, сопоставляя затраченную работу съ образовавшейся при этомъ теплотой, найдемъ, что количество послѣдней не соотвѣтствуетъ затраченной механической энергіи: это потому, что тѣло, первоначально не сжатое, въ концѣ опыта оказалось сжатымъ.

Но указанное несоотвѣтствіе не есть отступленіе отъ закона: вполнѣ естественно, что затраченной работѣ должна соотвѣтствовать не одна возбуж-

---

важнѣйшіе вопросы физики. Въ 1880 г. онъ основалъ въ Кольмарѣ метеорологическую обсерваторію. Главнѣйшій его трудъ—*Механическая теорія теплоты*. Изъ другихъ его сочиненій упомянемъ слѣдующія: *Записка о термодинамикѣ*, *Записка о кольцахъ Сатурна*, *Записка объ оптическихъ свойствахъ пламени горящихъ тѣлъ и о температурѣ солнца*, *Элементарный анализъ вселенной* (1869 г.) и *Новѣйшая кинэтика и динамизмъ будущаго* (1883 г.). Гирнъ былъ членомъ-корреспондентомъ парижской академіи наукъ и ученыхъ Обществъ почти всѣхъ европейскихъ государствъ.

денная при этомъ теплота, а теплота вмѣстѣ съ работой сжатія. Если вычислить эту послѣднюю и вычесть ее изъ затраченной работы, то разность будетъ точно соотвѣтствовать количеству образовавшейся теплоты.

Вообще необходимо замѣтить, что простѣйшій случай вычисленія механическаго эквивалента теплоты возможенъ только тогда, когда система проходитъ *замкнутый циклъ*, т.-е. когда она въ концѣ испытываемаго ею ряда превращеній представляется совершенно въ томъ же состояніи, въ какомъ она находится въ началѣ этого ряда; въ противномъ случаѣ мы имѣемъ открытый циклъ, и въ теплоту переходитъ уже не вся издерживаемая работа.

Эдлунгъ, вытягивая проволоку и предоставляя ей потомъ принять свой прежній видъ, также нашелъ механическій эквивалентъ теплоты равнымъ приблизительно 425. Впервые механическій эквивалентъ теплоты былъ вычисленъ въ 1842 г. германскимъ врачемъ Ю. Р. Майеромъ, производившимъ свои опыты надъ газами. Въ 1839 г. подобное вычисленіе было предугадано во Франціи Сегэномъ.

Если 1 большая калорія можетъ произвести работу въ 425 килограмметровъ, то работа T, соотвѣтствующая Q калоріямъ, должна быть равна $425 \times Q$; отсюда $T - 425 \times Q = 0$.

Карно показалъ, что термическія (тепловыя) машины обладаютъ замѣчательнымъ свойствомъ—*оборотности*. При помощи внѣшняго двигателя можно, затрачивая работу, приводить паровую машину въ обратное дѣйствіе, т.-е. заставлять ее дѣйствовать на подобіе нагнетательнаго пасоса, причемъ паръ будетъ присасываться въ холодильникъ и вгоняться въ котелъ. Если машина, дѣйствующая въ прямомъ направленіи, для перехода изъ одного опредѣленнаго состоянія въ другое опредѣленное состояніе совершаетъ T единицъ работы, отнимая у котла Q единицъ теплоты, то для приведенія машины изъ этого второго состоянія въ обратно въ первое необходимо сообщить ей нѣкоторое число единицъ работы F; освобождая соотвѣтствующее количество теплоты Q. Если такимъ образомъ, машина придетъ въ свое первоначальное состояніе, то циклъ замкнется, и сюда будетъ примѣнимъ принципъ эквивалентности: *дѣйствительная работа*, т.-е. разность $T - T'$ (между работой, которую совершила машина, и работой ей доставленной при обратномъ ходѣ) *должна* находить свой *тепловой эквивалентъ въ дѣйствительной теплотѣ*, поглощенной машиною, т.-е. въ разности $Q - Q'$ (между теплотой, которую поглотила машина при совершеніи работы T, и теплотой, освобожденной машиною во время обратнаго хода); другими словами, $T - T' = 425\,(Q - Q')$, откуда слѣдуетъ, что избытокъ работы надъ соотвѣтствующимъ количествомъ освобожденной теплоты всегда выражается однимъ и тѣмъ же числомъ, каково бы ни было превращеніе, т.-е. $T - 425Q = T' - 425Q'$. Такимъ образомъ, необходимо сказать, что: *разность $T - 425Q$—между совершённой работой и соотвѣтствующимъ количествомъ освобожденной теплоты, при переходѣ системы изъ одного и того же начальнаго къ одному и тому же конечному состоянію, постоянна и независима отъ ряда превращеній, испытанныхъ въ это время системою.*

Мы доказали эту теорему только для случая оборотности, т.-е. для такого случая, когда для того, чтобы обратить превращеніе достаточно уже незамѣтной перемѣны въ условіяхъ опыта; такъ, въ случаѣ паровой машины, если давленіе пара одно и то же по обѣ стороны поршня, т.-е. въ котлѣ и холодильникѣ, движеніе поршня—т.-е. дѣйствіе машины—въ ту или другую сторону обусловливается появленіемъ самой ничтожной разницы въ давленіи по сю и по другую сторону. Но опытъ показываетъ, что законъ эквивалентности, равно какъ и законъ относительно начальнаго и конечнаго состоянія, всегда примѣнимы и къ явленіямъ, не имѣющимъ характера оборотности.

Пока продолжается этотъ переходъ отъ начальнаго состоянія къ конечному, работа T и соотвѣтствующая ей теплота Q зависятъ въ каждый моментъ отъ промежуточнаго состоянія, но разность $T - 425\,Q$ отъ послѣдняго независима.

Поглощая извѣстное количество движущей работы, эквивалентное 425 Q, машина производитъ полезную работу T, меньшую той работы, которая соотвѣтствуетъ освобожденной теплотѣ. Другими словами, теплотѣ 425 Q соотвѣтствуетъ суммѣ двухъ работъ T+V, изъ которыхъ первая есть полезная работа, а вторая—внутренняя работа, или *внутренняя* энергія,—работа, расходуемая внутри системы во время превращенія. Такимъ образомъ можно написать равенство $425Q=T+V$

Измѣненіе энергіи газа, расширяющагося безъ производства работы, равно нулю. Этотъ законъ найденъ Джаулемъ путемъ слѣдующихъ опытовъ. Въ калориметрѣ съ небольшимъ количествомъ воды онъ помѣщалъ два сосуда, изъ которыхъ въ одномъ находился испытуемый газъ, а въ другомъ было пустое пространство. Если открыть кранъ, соединяющій эти сосуды, то газъ, расширившись, войдетъ и въ пустой сосудъ, но температура калориметра при этомъ не измѣнится. Если же сосуды помѣстить каждый въ особый калориметръ, то одинъ охладится настолько, насколько другой въ это время нагрѣется. Такимъ образомъ, Джауль пришелъ къ заключенію, что при одной и той же температурѣ газъ остается постояннымъ, какъ бы ни измѣнялся его объемъ. Но законъ этотъ, какъ и законъ Маріотта, есть только приблизительный. Впослѣдствіи Джауль и Томсонъ нашли, что, не смотря на постоянную температуру, энергія газа при увеличеніи его объема нѣсколько увеличивается.

Вычисленіе показываетъ, что при давленіи воздуха, близкомъ къ атмосферному, и при температурѣ 20^0 внутренняя работа при разложеніи газа равна приблизительно $\frac{1}{500}$ внѣшней работы, произведенной газомъ. Но число это колеблется въ очень широкихъ предѣлахъ; такъ, для водорода оно не превышаетъ $\frac{1}{1000}$, между тѣмъ какъ для угольнаго ангидрида оно равно $\frac{1}{123}$.

Величина приведенныхъ отношеній зависитъ, очевидно, отъ величины выбранныхъ единицъ мѣры: градуса, единицы работы, единицы теплоты. Проф. Липманъ предлагаетъ употреблять вмѣсто большой калоріи абсолютную единицу теплоты—*термію*. Термія есть количество теплоты, эквивалентное единицѣ работы. Если единицей работы служитъ килограмметръ, то термія будетъ эквивалентомъ килограмметра; если за единицу работы принять *эргъ*, то термія есть эквивалентъ эрга.

Законъ эквивалентности объяснилъ намъ отношеніе, существующее между количествомъ затраченной теплоты и количествомъ произведенной работы. Теперь *законъ Карно* дастъ намъ отношеніе между температурой и работой и покажетъ, что всей, имѣющейся въ нашемъ распоряженіи, теплоты мы никогда не можемъ превратить въ работу, между тѣмъ какъ механическая работа можетъ быть превращена въ теплоту сполна. Законъ этотъ былъ выведенъ изъ наблюденій надъ тепловыми машинами. Если Q_1 есть теплота, доставляемая паровымъ котломъ, Q_2—теплота, отдаваемая холодильнику, то разность $Q_1—Q_2$ представляетъ собою исчезнувшую теплоту, взамѣнъ которой мы получаемъ механическую работу T. Карно замѣтилъ, что теплота совершенно безъ пользы отдается холодильнику, и поставилъ себѣ цѣлью опредѣлить условія, наиболѣе способствующія уменьшенію этой потери. Было вполнѣ очевидно, что эксплуатація машины представляетъ тѣмъ бо̀льшія выгоды, чѣмъ больше отношеніе производимой ею работы къ работѣ, соотвѣтствующей количеству теплоты, доставляемой котломъ, или, какъ говорятъ, чѣмъ больше *коэффиціентъ полезнаго дѣйствія*. Ясно, что коэффиціентъ этотъ будетъ тѣмъ больше, чѣмъ больше полезная работа, т.-е. чѣмъ меньше потеря движущей работы въ паровой машинѣ; напр., идеальныя условія представляются тогда, когда разность между сопротивленіемъ, которое требуется преодолѣть, и давленіемъ пара равно нулю, т.-е. когда давленіе пара подъ поршнемъ не превышаетъ давленія въ холодильникѣ. Указанныя механическія условія,—когда сопротивленіе равно движущей силѣ, суть именно условія равновѣсія. Подобнымъ образомъ, для осуществленія усло-

вій термическаго равновѣсія, тѣло, превращающее теплоту въ работу, нагрѣвшись прикосновеніемъ къ теплому тѣлу, охладившись прикосновеніемъ къ холодному, въ промежутокъ не должно охлаждаться, т.-е. не прикасаться къ тѣламъ, имѣющимъ температуру, отличную отъ его температуры. Но такія условія равновѣсія вполнѣ тождественны съ условіями оборотности, о которой сейчасъ скажемъ подробнѣе.

Характеръ *оборотности* имѣетъ такое измѣненіе въ положеніи системы, направленіе котораго зависитъ отъ малѣйшаго измѣненія въ условіяхъ этой системы. Пояснимъ это примѣромъ. Пусть въ трубкѣ имѣется поршень, подъ которымъ находится какая-либо жидкость въ соприкосновеніи съ отдѣлившимися отъ нея парами. Если подвинуть поршень въ ту или другую сторону, то какъ бы ни было ничтожно перемѣщеніе его, произойдетъ, смотря по направленію перемѣщенія, или сгущеніе нѣкоторой части пара, или испареніе еще нѣкоторой части жидкости.

Карно построилъ особый циклъ оборотныхъ превращеній, распадающійся на слѣдующія моменты:

1) Тѣло испытываетъ *изотермическое* превращеніе, т.-е. остается въ прикосновеніи съ теплымъ источникомъ, имѣющимъ *постоянную температуру*, напр., съ паровымъ котломъ. Объемъ тѣла увеличивается, но *температура не измѣняется*, остается—равною *температурѣ теплаго источника*.

2) Тѣло испытываетъ *адъябатическое* превращеніе, т.-е. такое, при которомъ оно не теряетъ теплоты; оно расширяется, объемъ его увеличивается, но температура понижается до температуры холодильника.

3) Въ соприкосновеніи съ холодильникомъ тѣло сжимается при постоянной температурѣ, объемъ его уменьшается; оно проходитъ изотерму холодильника.

4) Тѣло возвращается въ первоначальное состояніе, путемъ новаго адъябатическаго превращенія—его сжимаютъ и доводятъ до температуры котла.

Необходимо замѣтить, что теплота, заимствуемая тѣломъ у котла, идетъ не на повышеніе температуры, а на увеличеніе объема этого тѣла.

Такой циклъ на дѣлѣ трудно осуществить.

Напомнимъ, что коэффиціентомъ полезнаго дѣйствія машины называется отношеніе количества превращенной теплоты ко всей теплотѣ, взятой у теплаго источника или—что то же—отношеніе работъ, эквивалентныхъ этимъ двумъ количествамъ теплоты. Такимъ образомъ, этотъ коэффиціентъ, — обозначимъ его черезъ R,—выражается или частнымъ $\frac{Q_1-Q_2}{Q_1}$, гдѣ Q_1 и Q_2 выражены въ большихъ калоріяхъ, или же частнымъ $\frac{T_2}{425\ Q_1}$, гдѣ T_2 выражено въ килограмметрахъ, а Q_1 въ большихъ калоріяхъ.

Путемъ изученія обратимыхъ двигателей, дѣйствующихъ согласно вышеприведенному циклу, Карно нашелъ, что коэффиціентъ полезнаго дѣйствія остается одинъ и тотъ же, будетъ ли движущимъ агентомъ вода, воздухъ, эфиръ, углекислота и пр., т.-е. что этотъ коэффиціентъ зависитъ единственно отъ температуры тѣлъ, участвующихъ въ передачѣ теплоты, что при одинаковыхъ условіяхъ температуры онъ представляетъ собою величину постоянную для всѣхъ обратимыхъ машинъ, дѣйствующихъ по циклу Карно.

Этотъ законъ былъ подтвержденъ сэромъ Вильямомъ Томсономъ на многихъ случаяхъ, въ которыхъ движущими агентами были вода, воздухъ, эфиръ, спиртъ, скипидаръ, при чемъ коэффиціентъ R оказался равнымъ 0,003715.

Клаузіусъ далъ правило, могущее замѣнить законъ Карно, такъ какъ оно приводитъ къ тому же самому, къ чему приводитъ этотъ законъ. Правило Клаузіуса состоитъ въ томъ, что передача того или иного количества теплоты отъ одного тѣла къ другому не можетъ быть сдѣлана безъ затраты извѣстной работы или извѣстной части энергіи системы.

Всѣ предъидущія калориметрическія изслѣдованія были произведены на

основаніи понятія *о равенствѣ* и *неравенствѣ температуръ*. Законъ Карно даетъ намъ средство построить такую температурную скáлу, которая не зависитъ отъ природы того вещества, изъ котораго сдѣланъ термометръ.

Пусть T_1 и T_2 будутъ температуры котла и холодильника, Q_1 количество теплоты, взятой у перваго и Q_2 — теплота, отданная второму. Если допустимъ, что $\frac{Q_1}{Q_2}$ равно $\frac{T_1}{T_2}$, то этимъ самымъ опредѣлимъ температурный промежутокъ такимъ же точно образомъ, какъ опредѣляютъ музыкальный интервалъ. Особенно важно то, что это отношеніе, а значитъ и этотъ промежутокъ, не зависитъ отъ работающей системы, т.-е. отъ природы термометра, такъ какъ всѣ термическія машины, дѣйствующія согласно циклу Карно, между двумя равными источниками даютъ одинъ и тотъ же коэффиціентъ полезнаго дѣйствія. $\frac{Q_1-Q_2}{Q_1}=1-\frac{Q_2}{Q_1}$.

Если Q_1 равно Q_2, то и $T_1=T_2$. Такъ какъ въ этомъ случаѣ температурный промежутокъ (разница) равна нулю, то и полезное дѣйствіе равно нулю.

Если Q_1 больше Q_2, т.-е. если у теплаго источника отнимается больше теплоты, чѣмъ отдается холодному, то и температура T_1 должна быть больше температуры T_2; при этомъ полезное дѣйствіе есть величина положительная. Такимъ образомъ опредѣляются, слѣдовательно, равенство и неравенство температуръ.

Если полезное дѣйствіе R машины, дѣйствующей между температурами T_1 и T_2, равно $\frac{Q_1-Q_2}{Q_1}=1-\frac{Q_2}{Q_1}$, а $\frac{Q_2}{Q_1}=\frac{T_2}{T_1}$, то отношеніе $\frac{T_2}{T_1}$ должно быть равно разности между единицей и соотвѣтствующимъ ему полезнымъ дѣйствіемъ.

Числовыя величины всѣхъ моментовъ, заключающихся въ промежуткѣ между T_2 и T_1, будутъ зависѣть отъ принятой величины любого изъ этихъ моментовъ.

Посмотримъ теперь, какимъ образомъ при помощи воздушнаго термометра опредѣляются *абсолютныя температуры*. Вычисленіемъ найдено, что абсолютныя температуры пропорціональны упругости постоянныхъ газовъ при постоянномъ объемѣ. Если за коэффиціентъ этой пропорціональности принять 273, т.-е. число, равное обращенному коэффиціенту расширенія водорода при постоянномъ объемѣ, то абсолютныя температуры будутъ находиться по показаніямъ водороднаго термометра—прибавленіемъ къ этимъ показаніямъ числа 273; такъ, напр., если стоградусный водородный термометръ показываетъ t^0, то абсолютная температура T будетъ равна $273+t$. Это относится къ тѣмъ случаямъ, когда водородъ представляется совершеннымъ газомъ, но вѣдь мы знаемъ, что водородомъ можетъ быть разсматриваемъ какъ совершенный газъ въ весьма широкихъ предѣлахъ; оттого-то онъ и наиболѣе пригоденъ для приготовленія термометровъ.

Какъ было сказано, абсолютная температура пропорціональна упругости газа при постоянномъ объемѣ; отсюда слѣдуетъ, что *абсолютный нуль* есть та температура, при которой упругость газа равна нулю. Но такое опредѣленіе имѣетъ только теоретическій смыслъ, такъ какъ на практикѣ газы превращаются въ жидкое состояніе гораздо раньше, чѣмъ они принимаютъ такую температуру, при которой ихъ упругость была бы равна нулю.

Если въ выраженіи полезнаго дѣйствія машины $R=\frac{T_1-T_2}{T_1}$ $\left(\text{равномъ } \frac{Q_1-Q_2}{Q_1}\right)$ сдѣлаемъ $T_2=0$, то R, равное $\frac{T_1-T_2}{T_1}$, сдѣлается равнымъ 1. Это значитъ, что коэффиціентъ полезнаго дѣйствія машины былъ бы равенъ единицѣ въ томъ случаѣ, еслибы машина работала между абсолютнымъ нулемъ и какою-либо иною температурою. При этомъ въ работу превратилась бы вся заимствуемая у теплаго источника теплота. Въ такомъ видѣ опредѣленіе абсолютнаго нуля ближе къ практикѣ.

Эта новая температурная скала независима отъ работающей системы, т.-е. отъ вещества, изъ котораго сдѣланъ термометръ: *отношеніе* между теплотой, взятой у теплаго источника, и теплотой, отданной холодному,—это отношеніе, выражающее температурный промежутокъ, есть *число*, физическая постоянная, т.-е. оно *независимо* отъ единицъ *массы, длины* и *времени*.

Возьмемъ тѣло, проходящее циклъ Карно. Пусть T_1 и T_2 будутъ абсолютныя изотермы, Q_1 количество теплоты, взятое у теплаго источника при изотермѣ T_1, и Q_2 количество тепла, отданное холодному источнику при изотермѣ T_2. При адъябатическихъ превращеніяхъ обмѣнъ теплоты, какъ это ясно изъ самаго опредѣленія этихъ превращеній, равенъ нулю. Такъ какъ, согласно понятію объ абсолютныхъ температурахъ, отношенія $\frac{Q_1}{T_1}$ и $\frac{Q_2}{T_2}$ равны между собою, то разность ихъ $\frac{Q_1}{T_1}-\frac{Q_2}{T_2}$ должна быть равна нулю.

Отношеніе, подобное $\frac{Q_1}{T_1}$ называется *энтропіей*: $\frac{Q_1}{T_1}$ есть энтропія, полученная тѣломъ при изотермѣ T_1, а $\frac{Q_2}{T_2}$—энтропія, отданная при изотермѣ T_2. Эти энтропіи, какъ мы видѣли, равны между собою, т.-е. разность ихъ равна нулю; это значитъ, что по заключеніи цикла энтропія, пріобрѣтенная тѣломъ, есть нуль; другими словами, законъ Карно есть законъ сохраненія энтропіи.

Законъ эквивалентности и законъ Карно нашли приложеніе къ большому числу проблемъ, о которыхъ мы здѣсь не можемъ говорить.

Заключеніе.

При самомъ поверхностномъ наблюденіи всѣ явленія представляются намъ отличными одни отъ другихъ, потому что у каждаго изъ нихъ найдутся какія-нибудь особенности. Но уже непосредственное чувство скоро подводитъ всѣ явленія подъ четыре, повидимому, различныя группы: слуху отводится область звуковыхъ явленій, осязанію—явленія тепловыя, зрѣнію—свѣтовыя, и т. д.; научное же, сравнительное изученіе явленій показываетъ, что звукъ, теплота, свѣтъ не представляютъ собою независимыхъ физическихъ опытовъ, что все это—проявленія движенія частицъ нѣкоторой однородной среды. Для напоминанія объ этой-то единой причинѣ явленій мы постоянно и употребляли выраженіе *энергія*. Прилагая къ этой послѣдней эпитеты, данные грубой классификаціей явленій,—называя ее то звуковой, то электрической, то свѣтовой, то тепловой энергіей, мы, однако-же, всюду старались доказать, что всѣ эти виды энергіи постоянно переходятъ одинъ въ другой, безъ потери.

Вотъ какъ характеризуетъ роль физики академикъ Корню. „Въ нарисованной передъ вами картинѣ я попытался указать на то значеніе, какое имѣетъ современная физика для всѣхъ наукъ, пользующихся опытомъ и наблюденіемъ. Какъ ни мало совершенна эта картина, но изъ нея ясно видно, что физика въ высокой степени заслуживаетъ названіе общей науки: область, обнимаемая ею, такъ же обширна, какъ тѣсна сохраненная ею связь съ тѣми отраслями знанія, которыя въ прежнее время считались ея частями. Вы видѣли, какъ много она дала такимъ наукамъ, какъ химія и физическая астрономія, и сколько она сама позаимствовала у другихъ наукъ на развитіе такихъ ея отдѣловъ, какъ электричество; она, такимъ образомъ, съ такою же охотою даетъ другимъ наукамъ свой точный методъ, съ какою она пользуется свѣдѣніями, приходящими извнѣ; другими словами, она многосторонне обмѣнивается со всѣми отраслями натуральной философіи“.

„Другая важная особенность физики состоитъ въ томъ духѣ обобщенія, ко-

торый въ ней господствуетъ. Въ то время какъ многія другія науки дробятся все болѣе и болѣе, физика, напротивъ, стремится привести всѣ явленія къ немногимъ группамъ; число отличныхъ другъ отъ друга физическихъ агентовъ все болѣе и болѣе уменьшается: теплота сдѣлалась родомъ движенія, или, лучше сказать, особой формой энергіи; магнитизмъ слился съ электричествомъ, а само электричество близко къ слiянiю со свѣтовыми волненіями, которыя уже давно связаны со звуковыми колебаніями. Такимъ образомъ, по мѣрѣ того, какъ различные отдѣлы развиваются, различія между ними все болѣе и болѣе исчезаютъ, теоріи стремятся къ объединенію".

„Въ этомъ нѣтъ ничего удивительнаго: наука и должна быть едина и проста; границы, проведенныя философами между различными отраслями знанія, искусственны; онѣ только указываютъ на то, что мы не знаемъ тѣхъ узъ, которыми связаны между собою истины, переданныя намъ нашими предками. Но усилія столь длиннаго ряда поколѣній не остались безплодными, и уже видится намъ заря того дня, когда эти границы, ставъ ненужными, исчезнутъ сами собою, и всѣ вѣтви натуральной философіи соединятся въ одно стройное цѣлое".

Объединеніе это произойдетъ на *эфирѣ*, на той разлитой во всемъ мірѣ средѣ, благодаря которой совершается передача свѣтовой, тепловой и электрической энергіи. Безъ допущенія, что такая среда существуетъ, было бы невозможно раціонально объяснить большей части явленій.



ФИЗИЧЕСКІЕ ОПЫТЫ БЕЗЪ ПРИБОРОВЪ.

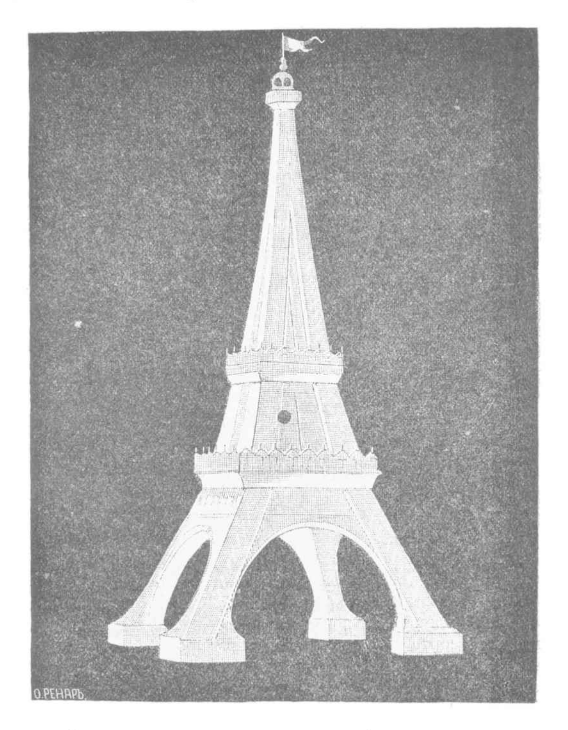
Физическіе опыты безъ приборовъ.

ПЕРВЫЙ ОПЫТЪ.

(Оптика).

Субъективныя изображенія.

Если, хорошо освѣтивъ это бѣлое изображеніе Эйфелевой башни какимъ-нибудь источникомъ свѣта (напр., лампою), разсматривать его, сосредоточивая взглядъ на находящемся въ серединѣ башни черномъ кружкѣ, въ теченіе 20, 30



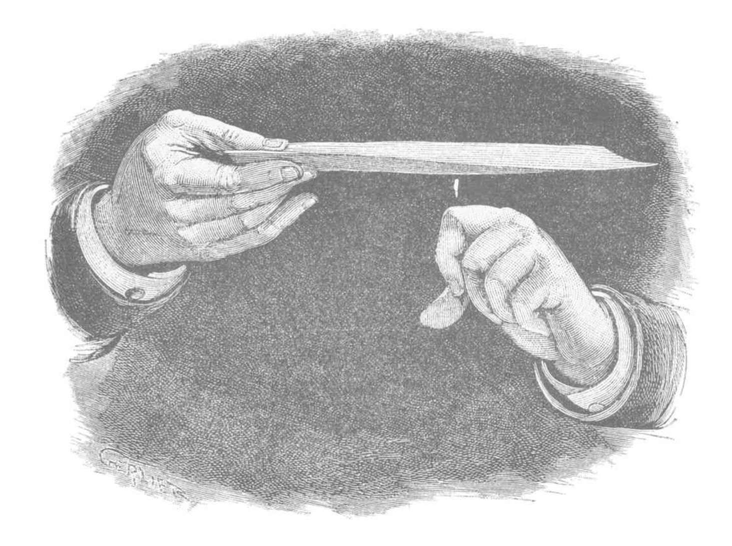
или 40 секундъ (продолжительность разсматриванія зависитъ отъ глазъ наблюдателя), а затѣмъ перевести глаза на потолокъ — на наиболѣе ярко освѣщенное мѣсто (потолокъ долженъ быть бѣлый)—или на хорошо освѣщенный листъ бѣлой бумаги, то *изображеніе башни Эйфеля представится намъ* ***чернымъ***, причемъ черный фонъ рисунка покажется ***бѣлымъ***. Если произвести тотъ же опытъ съ *краснымъ* изображеніемъ башни, то оно покажется *зеленымъ*, *желтая* башня представится *фіолетовой*, и т. д.

ВТОРОЙ ОПЫТЪ.

(Электричество).

Извлеченіе электрической искры изъ листа бумаги.

Электрическую искру можно получить весьма простымъ способомъ. Листъ бумаги, нагрѣтый съ обѣихъ сторонъ, кладутъ на деревянный столъ въ темной комнатѣ и ладонью проводятъ по нему разъ 15, 20 въ одномъ и томъ же на-

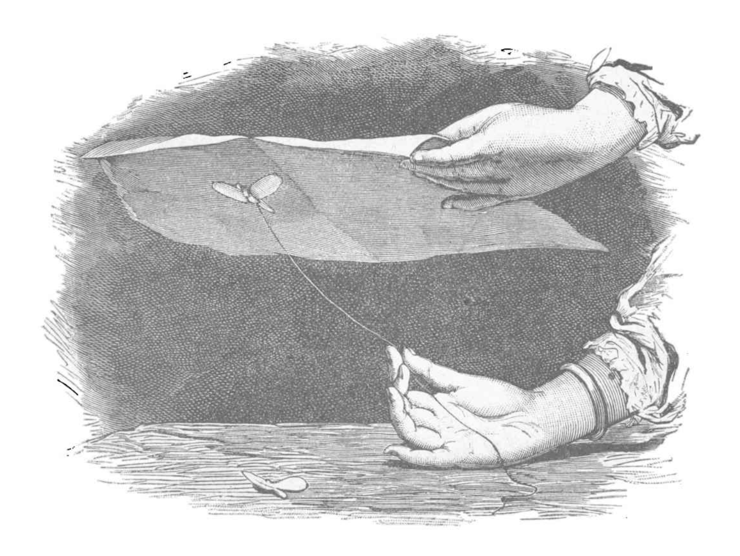


правленіи (при этомъ рука должна быть совершенно суха). Если затѣмъ снять бумагу со стола, къ которому она прилипла, и приблизить къ ней палецъ (такъ, какъ показано на фигурѣ), то появится *электрическая искорка*. Для указаннаго опыта годятся всѣ сорта бумаги; мы успѣшно производили его съ обыкновенной почтовой, писчей, пропускной бумагой, но лучше всего для этой цѣли прочная, глянцевитая бумага.

ТРЕТІЙ ОПЫТЪ.

Летающій голубь Архиты.

Тотъ же *листъ бумаги*, который во второмъ опытѣ служилъ намъ для полученія электрической искры, послужитъ намъ теперь для воспроизведенія знаменитаго опыта Кирхера.



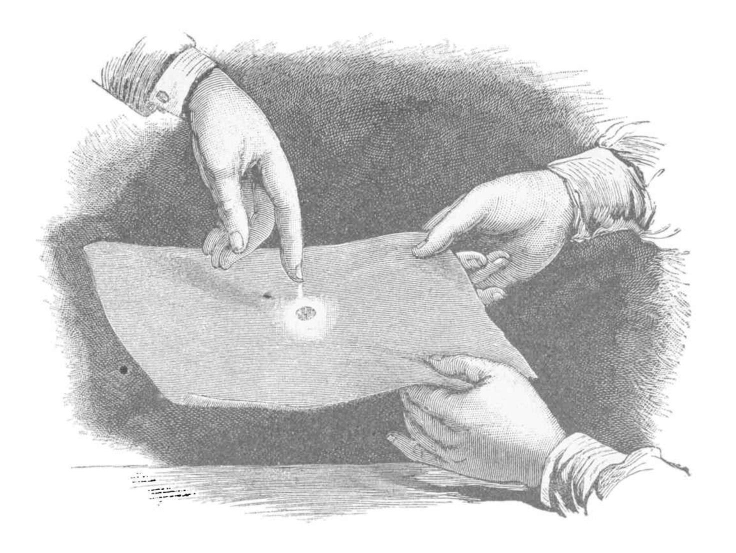
Роль голубя играетъ здѣсь кусочекъ тонкой и легкой бумаги, прикрѣпленный къ одному изъ концовъ тонкой нитки. Листъ бумаги сперва нагрѣваютъ, потомъ сильно натираютъ ладонью, какъ было указано во второмъ опытѣ, и снимаютъ со стола.

Если теперь къ этому листу приблизить голубокъ, то послѣдній станетъ притягиваться бумагой, но не прилипнетъ къ ней, такъ какъ этому помѣшаетъ нитка.

ЧЕТВЕРТЫЙ ОПЫТЪ.

Полученіе электрическаго свѣта, молніи при помощи листа бумаги и монеты.

Листъ бумаги, нагрѣтый и натертый рукою совершенно такъ, какъ въ предъидущихъ опытахъ, позволитъ намъ сейчасъ получить мгновенный электрическій свѣтъ.

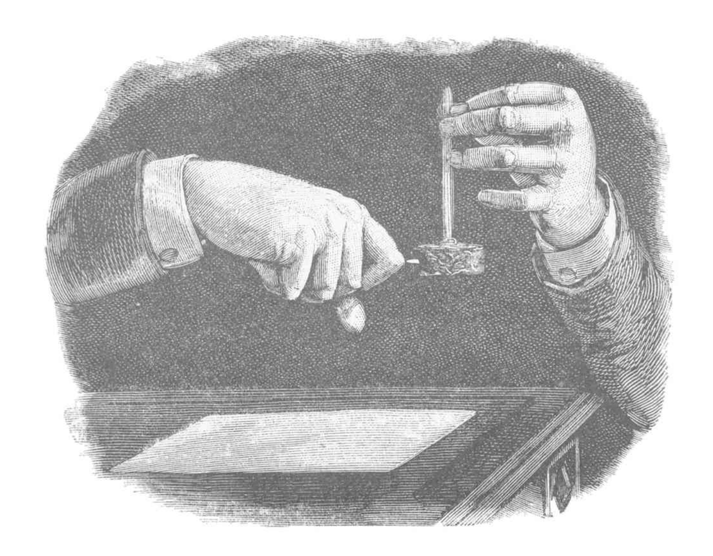


На такой листъ кладутъ серебряную или мѣдную монету. Затѣмъ экспериментаторъ поручаетъ своему помощнику отдѣлить бумагу со стола и приподнять её вмѣстѣ съ лежащею на ней монетою, а самъ приближаетъ палецъ къ монетѣ: тогда вокругъ монеты появляется яркій электрическій ореолъ (разумѣется, опытъ производится въ темнотѣ).

ПЯТЫЙ ОПЫТЪ.

Наипростѣйшая электрическая машина—Вольтовъ электрофоръ, который можетъ быть устроенъ всякимъ.

Стóитъ только приготовить токой же листъ бумаги, какимъ мы пользовались въ предъидущихъ опытахъ, и къ картонной коробочкѣ, обернутой оловян-



ной бумагой (такою, въ какую завертываютъ шоколадъ), прилѣпить сургучную палочку,—и *электрическая машина* будетъ готова.

Положивъ коробочку на такой листъ бумаги, прикасаются къ ней рукою для того, чтобы сообщить ее съ землею. Затѣмъ поднимаютъ ее за палочку одной рукой и приближеніемъ другой извлекаютъ *электрическую искорку*.

ШЕСТОЙ ОПЫТЪ.

(магнитизмъ).

Искусственный магнитъ изъ желѣзной проволоки.

Здѣсь мы укажемъ способъ приготовленія искусственныхъ магнитовъ, несравненно болѣе простой, чѣмъ способъ, приведенный въ гл. IV первой кн.

Мы пользовались прокаленной, незаржавленной желѣзной проволокой въ 15 сантим. длиною и въ 2 милл. толщиною. Такую проволоку скручивали между двумя щипцами, по одному направленію, и черезъ какой-нибудь десятокъ поворотовъ она оказывалась уже намагниченной.



Приготовленный такимъ образомъ искусственный магнитъ притягиваетъ желѣзныя опилки, притягиваетъ положенную на воду иглу. Для того, чтобы игла плавала, ее кладутъ на кусокъ пропускной или папиросной бумаги; бумажка скоро тонетъ, игла же остается на поверхности воды. Вмѣсто того, чтобы класть иглу на бумагу, ее можно воткнуть въ соломинку.

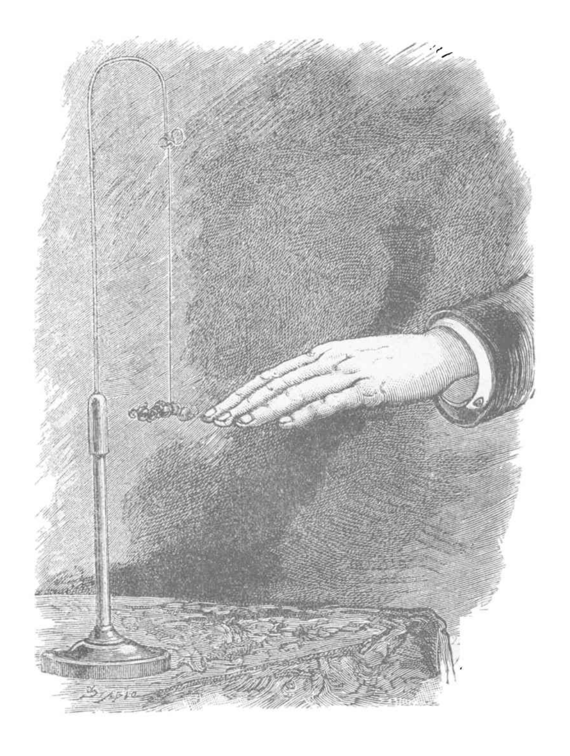
Много разъ повторяя описанный опытъ, мы замѣтили, что проволока намагничивается только въ томъ случаѣ, если при скручиваніи ее держать параллельно земной магнитной оси; если же она направлена перпендикулярно къ этой оси, то опытъ не удается.

СЕДЬМОЙ ОПЫТЪ.

(Электричество).

Волосяной маятникъ.

Нижеслѣдующій опытъ имѣетъ цѣлью показать присутствіе, въ нѣкоторыхъ случаяхъ, электричества въ человѣческомъ тѣлѣ. Маятникъ, представленный на фигурѣ, — лабораторный; мы же укажемъ здѣсь, какъ приготовить простой и дешевый маятникъ. Подпорой для всей системы служитъ широкій кусокъ

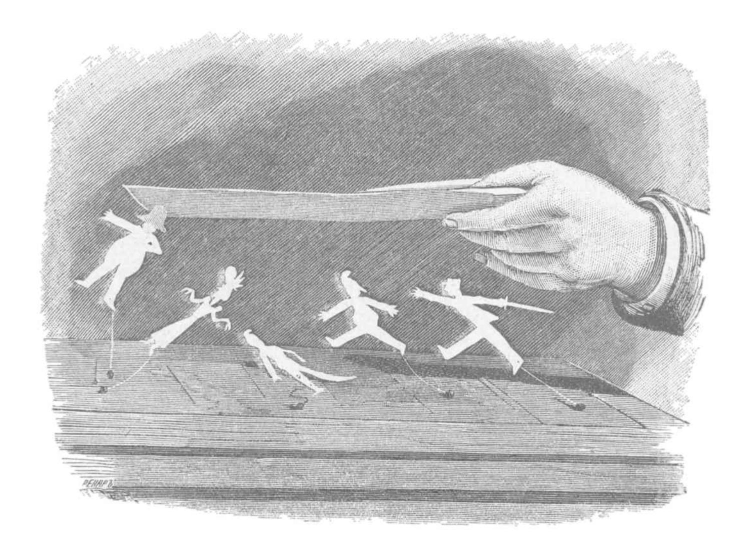


пробки. Къ этой пробкѣ прикрѣпляютъ сургучную палочку, въ которую сверху втыкаютъ одинъ изъ концовъ латунной проволоки длиною въ 25 сантим.; конецъ этотъ предварительно нагрѣваютъ. Къ другому — загнутому концу проволоки привязываютъ шелковую нитку, а къ послѣдней—клочекъ сухихъ волосъ. Если теперь къ этимъ волосамъ приблизить руку, испускающую изъ себя электричество, то клочекъ волосъ будетъ попеременно то притягиваться, то отталкиваться рукою, т.-е. двигаться взадъ и впередъ на подобіе маятника.

Успѣхъ этого опыта зависитъ не только отъ лица, его производящаго, но и отъ наличности извѣстныхъ необходимыхъ атмосферическихъ условій, а потому, какъ и многіе другіе электрическіе опыты, не всегда удается. Но вѣроятность успѣха можно увеличить, если потереть концы ногтей о сукно, шерсть, фланель, предварительно уединивъ себя отъ земли; для такой изоляціи достаточно стать на дощечку, положенную на четырехъ нагрѣтыхъ (и такимъ образомъ высушеныхъ) стаканахъ.

ВОСЬМОЙ ОПЫТЪ.

Электрическое притяженіе: пляска каторжниковъ.



Листъ бумаги, нагрѣтый и затѣмъ натертый сухой рукою на столѣ, пріобрѣтаетъ „притягательную силу".

Изъ бумаги вырѣзываютъ нѣсколько человѣческихъ фигурокъ, и къ одной ногѣ каждой такой фигурки привѣшиваютъ, на ниткѣ, дробинку. Если къ этимъ фигуркамъ, разложеннымъ на столѣ, приблизить наэлектризованный листъ бумаги, то онѣ быстро поднимутся и выпрямятся, притягиваясь къ бумагѣ; но пристать къ послѣдней имъ помѣшаютъ надѣтые у нихъ на ногахъ „кандалы".

ДЕВЯТЫЙ ОПЫТЪ.

Электрическія бомбы.

Этотъ опытъ также производится помощью нагрѣтаго и натертаго листа бумаги.

На такой наэлектризованный листъ, въ то время, когда онъ еще не отдѣ-

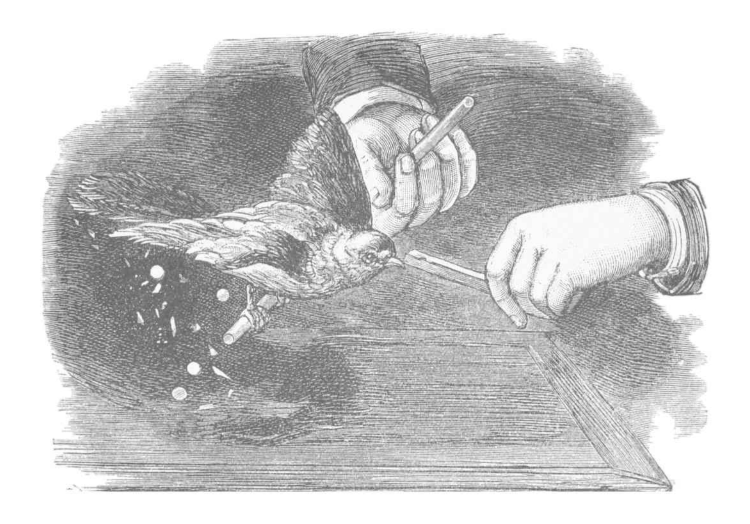


ленъ отъ стола, къ которому онъ прилипъ, кладутъ кусочки бумаги, частицы золы, бузинные шарики, кусочки пробки и т. п. Если затѣмъ листъ поднять со стола, то всѣ эти мелкіе предметы вдругъ взлетятъ на воздухъ. Если при этомъ нѣкоторые изъ нихъ будутъ оставаться на листѣ, то достаточно приблизить палецъ къ нижней поверхности листа для того, чтобы и они тотчасъ же отскочили вверхъ подобно остальнымъ.

ДЕСЯТЫЙ ОПЫТЪ.

Электрическая проводимость: наэлектризованная птица.

Если посадить птицу на хорошо высушенную стеклянную трубку или палочку и подъ этой птицей, на столѣ, помѣстить какіе-нибудь легкіе предметы—

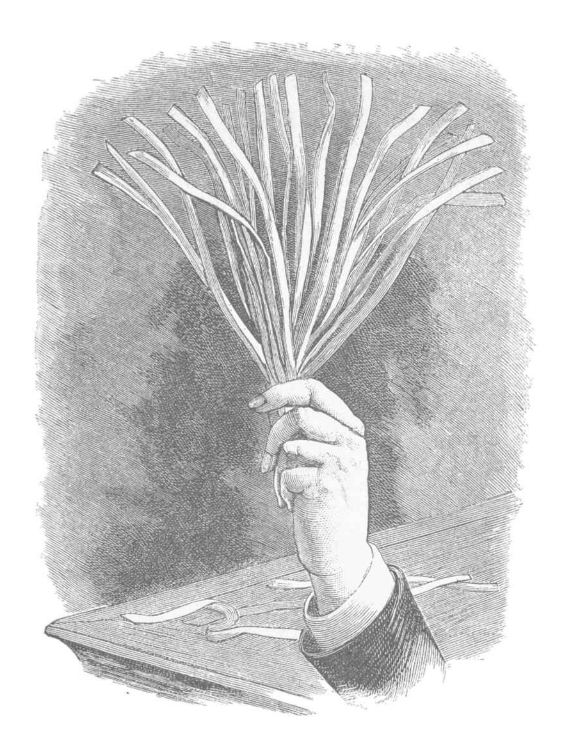


кусочки бумаги, бузинные шарики и т. п., то, прикоснувшись къ птицѣ наэлектризованной (треніемъ о кусокъ сукна или фланели) сургучной палочкой, увидимъ, что всѣ эти легкія тѣла—кусочки бумаги, бузинные шарики и т. п. отскочатъ отъ стола и пристанутъ къ птицѣ.

ОДИННАДЦАТЫЙ ОПЫТЪ.

Электрическое отталкиваніе: наэлектризованный бумажный снопъ.

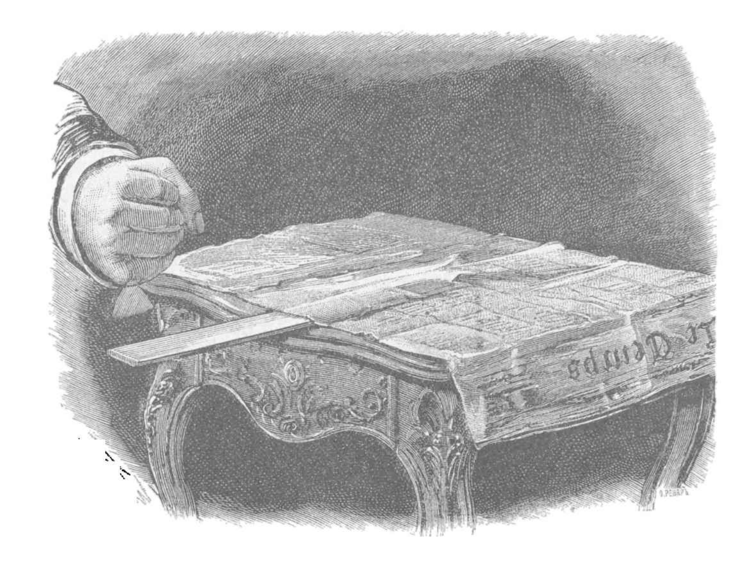
Листъ плотной бумаги разрѣзываютъ на тонкія полоски, полоски эти нагрѣваютъ, складываютъ вмѣстѣ и, держа ихъ одной рукой, натираютъ ихъ другой рукой на столѣ, проводятъ по нимъ нѣсколько разъ по всей ихъ длинѣ. Если теперь снять эти полоски со стола, то онѣ, оказываясь наэлектризованными, будутъ отталкивать однѣ другія—разойдутся и образуютъ нѣчто въ родѣ бумажнаго снопа.



ДВѢНАДЦАТЫЙ ОПЫТЪ.

Атмосферное давленіе: ударъ кулакомъ.

Дощечку длиною въ 50, шириною въ 12—15 сантим. кладутъ на столъ такъ, чтобъ она выдавалась за край стола немного меньше, чѣмъ на половину, т.-е.



сантиметровъ на 20—22. Часть этой дощечки, лежащую на столѣ, покрываютъ газетою, которую плотно прижимаютъ къ столу, особенно у самой дощечки.

Если на этотъ конецъ дощечки, который выдается за край стола, подавить пальцемъ, то онъ легко подастся внизъ. Если же объ этотъ конецъ изо всей силы ударить кулакомъ, то противоположный конецъ не поднимется—скорѣе дощечка переломится.

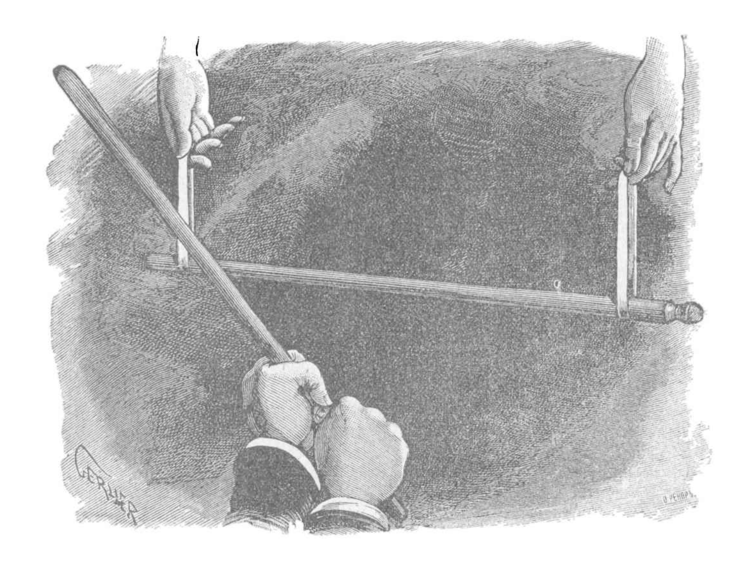
Этотъ опытъ доказываетъ существованіе атмосфернаго давленія.

ТРИНАДЦАТЫЙ ОПЫТЪ.

(Инерція).

Опытъ Раблэ.

„Панюржъ взялъ два стакана, наполнилъ ихъ водою и положилъ въ нихъ древко копья такъ, чтобъ оно опиралось на стаканы своими концами. Затѣмъ онъ взялъ толстое бревно и, обратившись къ Пантагрюэлю и всѣмъ прочимъ, сказалъ: „Господа, вотъ такъ, какъ я сейчасъ сломлю это древко, не только не разбивъ стакановъ, но и не проливъ ни капли воды, такъ мы разобьемъ



нашихъ дипсодовъ, не потерявъ ни капли крови, не потерпѣвъ ни малѣйшаго урона. Возьмите это бревно, Эстэнъ, и ударьте имъ, что есть силы, о средину". Эстэнъ исполнилъ приказаніе и переломилъ древко пополамъ, не проливъ ни капли воды".

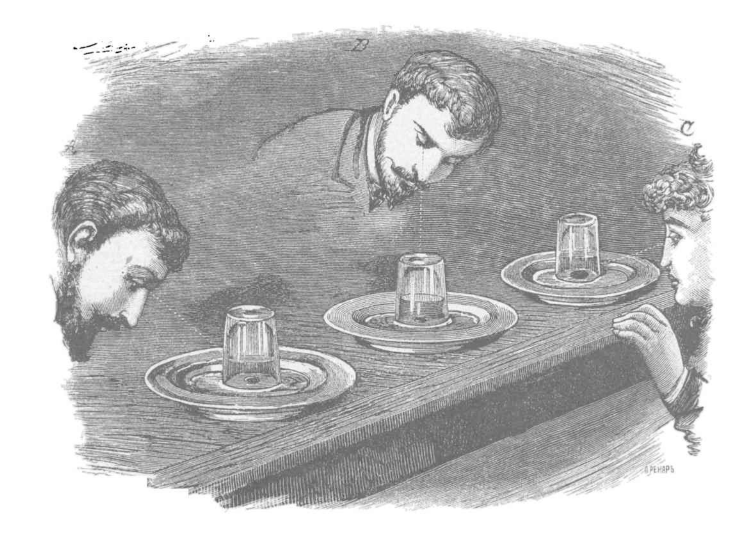
Этотъ весьма старинный опытъ, описанный нами по Раблэ (Пантагрюэль, кн. II, гл. XXVII), можно видоизмѣнить слѣдующимъ образомъ. Метловище вѣшаютъ на двухъ бумажныхъ петляхъ (какъ показано на фигурѣ) и сильно ударяютъ по нему тяжелой палкой; тогда метловище переломится раньше, чѣмъ колебанія успѣютъ дойти до бумажныхъ полосокъ, которыя поэтому и остаются цѣлы.

ЧЕТЫРНАДЦАТЫЙ ОПЫТЪ.

(Оптика).

Преломленіе свѣта, разсѣевающія чечевицы.

На средину глубокой тарелки съ водой кладутъ какую-нибудь монету и опрокидываютъ надъ послѣднею стаканъ, у котораго дно достаточно толсто и имѣетъ слегка двояковогнутую форму. Введя въ стаканъ загнутую стеклянную трубочку, перегнутую соломенку, либо мягкую каучуковую трубочку, вытягиваютъ ртомъ воздухъ изъ-подъ стакана, и въ образующееся такимъ образомъ пустое пространство входитъ вода изъ тарелки.



Если теперь наблюдатель помѣстится въ А, то онъ увидитъ монету въ настоящую ея величину. Видимая величина монеты зависитъ отъ положенія глаза по отношенію къ боковой поверхности.

При положеніи наблюдателя въ В монета представляется ему въ уменьшенномъ видѣ; это зависитъ отъ того, что дно стакана дѣйствуетъ, какъ двояковогнутая, или разсѣевающая чечевица. Кромѣ того, монета кажется приподнятой, чтò объясняется преломленіемъ лучей при переходѣ ихъ изъ воды въ воздухъ.

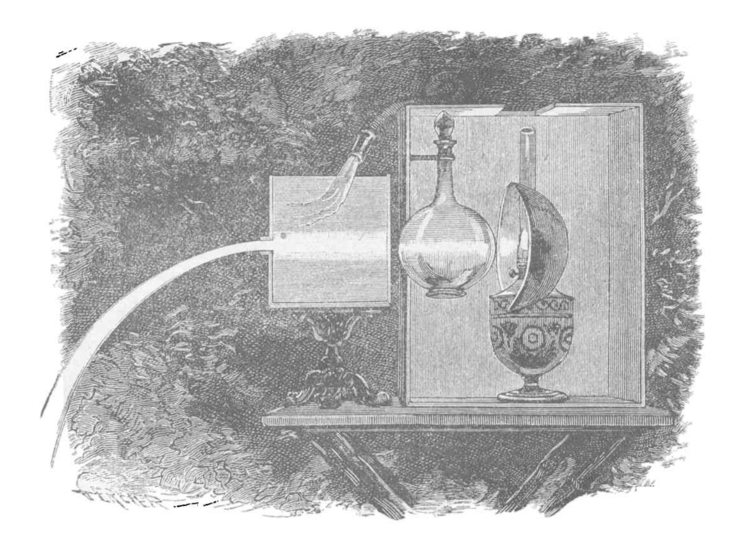
Наконецъ, если наблюдатель помѣщается въ С, то монета кажется ему увеличенной; увеличеніе это происходитъ вслѣдствіе преломленія лучей, идущихъ отъ монеты, боковою стѣнкою стакана.

ПЯТНАДЦАТЫЙ ОПЫТЪ.

(Оптика).

Свѣтящійся фонтанъ.

Въ 1854 г. Колладонъ указалъ въ академіи наукъ, что если при помощи надлежащимъ образомъ расположенной собирающей чечевицы направить пучекъ свѣтовыхъ лучей въ струю воды, то свѣтъ, разъ вошедши въ струю, уже не выйдетъ изъ нея. На этомъ-то открытіи и основаны такъ-называемые свѣтящіеся фонтаны. Опытъ Колладона можно воспроизвести весьма простымъ спо-



собомъ. Лампа, снабженная рефлекторомъ, бросаетъ яркій пучекъ лучей на помѣщенный передъ нею сферическій графинъ, исполняющій роль двояковыпуклой чечевицы. Передъ графиномъ ставятъ какой-нибудь четырехъугольный сосудъ, въ который по трубкѣ притекаетъ прозрачная вода. Въ стѣнкѣ, обращенной къ графину, имѣется стеклянное окошко, пропускающее свѣтъ отъ лампы; въ противоположной стѣнкѣ сдѣлано отверстіе, черезъ которое вода вытекаетъ. Пучекъ лучей, дошедши до этого отверстія, падаетъ на вытекающую изъ послѣдняго параболическую струю подъ такимъ угломъ, что претерпѣваетъ въ ней полное внутреннее отраженіе и потому изъ нея не выходитъ. Благодаря этому, струя принимаетъ огненный видъ, особенно если ее разбить. Такой огненный снопъ окрашиваютъ въ желаемый цвѣтъ, помѣщая между графиномъ и четырехугольнымъ сосудомъ соотвѣтствующее цвѣтное стекло.

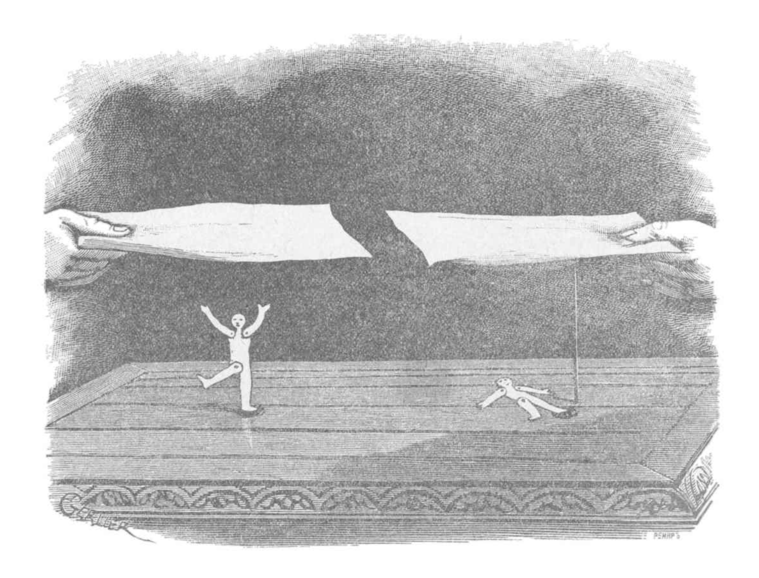
ШЕСТНАДЦАТЫЙ ОПЫТЪ.

(Атмосферное электричество).

Возвратный ударъ и громоотводъ.

Такой же точно наэлектризованный листъ бумаги, какимъ мы пользовались въ предшествующихъ опытахъ, послужитъ намъ здѣсь грозовымъ облакомъ.

Помѣстивъ этотъ листъ надъ бумажной фигу́ркой, лежащей на столѣ (и одной ногой приклеенной къ послѣднему облаткою), заставляютъ ее встать, вы-



прямиться и развести свои руки и ноги. Если затѣмъ коснуться листа пальцемъ, то листъ разрядится, т.-е. ударитъ молнія и вліяніе прекратится: фигурка вдругъ придетъ въ нейтральное состояніе, она испытаетъ сильнѣйшее сотрясеніе—такъ-называемый *возвратный ударъ*—она будетъ поражена молніей.

Если, помѣстивъ надъ фигуркой наэлектризованный листъ, установить подлѣ нея, на столѣ, вязальную иглу, то фигурка не наэлектризуется черезъ вліяніе нашимъ грозовымъ облакомъ и будетъ оставаться лежать, какъ и въ отсутствіи такого облака. Это потому, что электричество, притягиваемое облакомъ изъ земли или стола, вытекаетъ черезъ остріе вязальной иглы и нейтрализуетъ противоположное электричество облака. Вязальная игла играетъ здѣсь роль *громоотвода*.

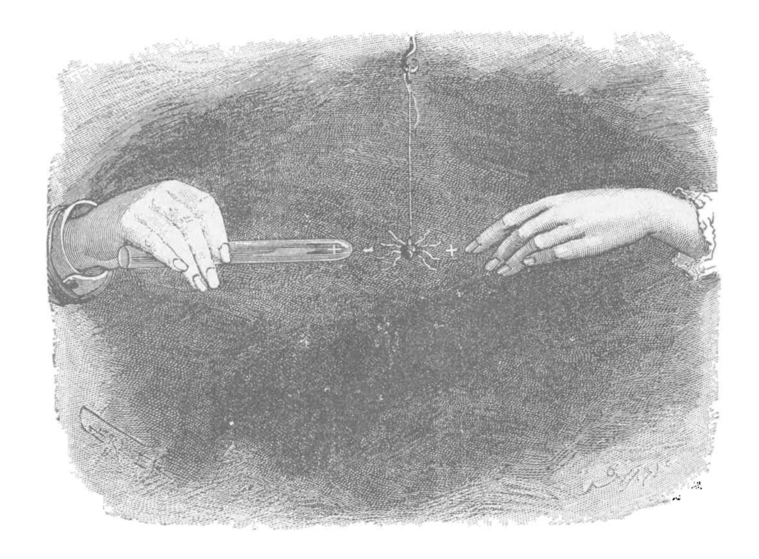
СЕМНАДЦАТЫЙ ОПЫТЪ.

(Электрическія притяженія и отталкиванія.)

Франклиновъ паукъ.

Паукомъ служитъ здѣсь зачерненный кусочекъ пробки съ прикрѣпленными къ нему коротенькими ниточками, изображающими ножки. Паукъ этотъ подвѣшивается на шелковинкѣ.

Если къ нему поднести стеклянную трубку, наэлектризованную (положительно) треніемъ о кусокъ шерстяной или шелковой матеріи, то паукъ, оказав-



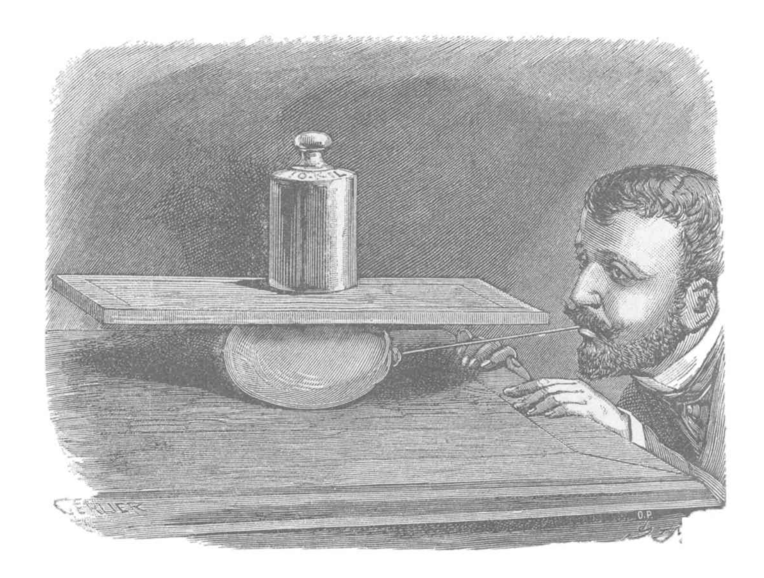
шись въ электрическомъ полѣ, и самъ наэлектризуется черезъ вліяніе и притянется къ трубкѣ; но прикосновеніемъ къ ней онъ заряжается такимъ же электричествомъ, какимъ заряжена она, и потому тотчасъ же отталкивается отъ нея. Если, отходя отъ трубки, паукъ встрѣтитъ какой-нибудь проводникъ, сообщенный съ землею (напр., руку наблюдателя), то онъ разрядится, но вслѣдъ за тѣмъ, снова наэлектризовавшись черезъ вліяніе стеклянной трубкой, онъ притянется къ послѣдней и тотчасъ же опять оттолкнется, и т. д. Такимъ образомъ паукъ будетъ совершать маятникообразное движеніе между трубкою и рукою до тѣхъ поръ, пока не истратится электричество первой.

ВОСЕМНАДЦАТЫЙ ОПЫТЪ.

(Передача давленія въ газахъ.)

Поднятіе груза ничтожною силою.

Если на резиновый или бычачій пузырь, въ который вставлена тоненькая трубочка, положить дощечку, а на середину этой послѣдней — гирю, напр., десятикилограммовую, и въ трубочку ртомъ легонько вдувать воздухъ, то дощечка



вмѣстѣ съ лежащей на ней гирей поднимется. Если дощечка прилежитъ къ пузырю площадью, въ 500 разъ большею сѣченія трубочки, то для поднятія 10 килограммовъ, потребуется приложить къ послѣдней давленіе, въ 500 разъ меньшее 10 килогр., т.-е. 20 граммовъ.

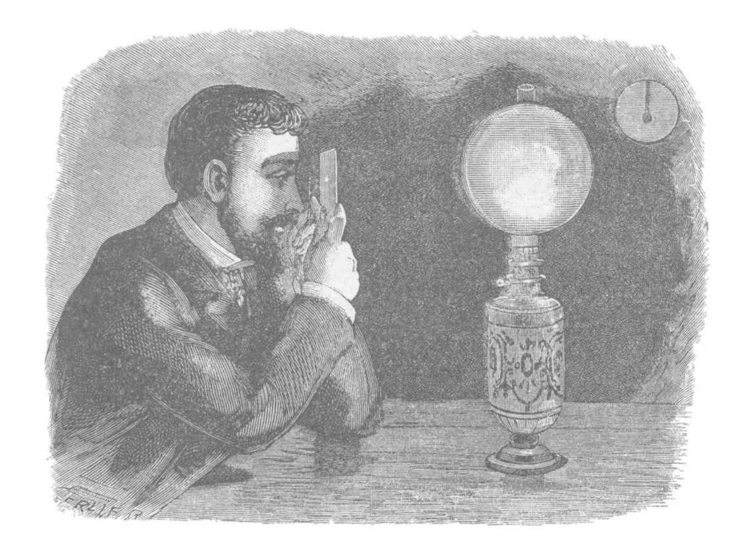
Этотъ опытъ доказываетъ, что давленія, производимыя на газъ, передаются во всѣ стороны, съ силою, пропорціональною получающимъ ихъ поверхностямъ.

ДЕВЯТНАДЦАТЫЙ ОПЫТЪ.

(Оптика)

Опрокинутая булавка.

Если, ставъ противъ свѣта, разсматривать булавку, держа её головкой кверху очень близко отъ глаза, а за булавкой держать кусокъ картона съ малымъ отверстіемъ, то булавка представится намъ головкой книзу. Если перемѣщать булавку передъ отверстіемъ справа налѣво, то намъ покажется, что она передвигается слѣва направо, и наоборотъ



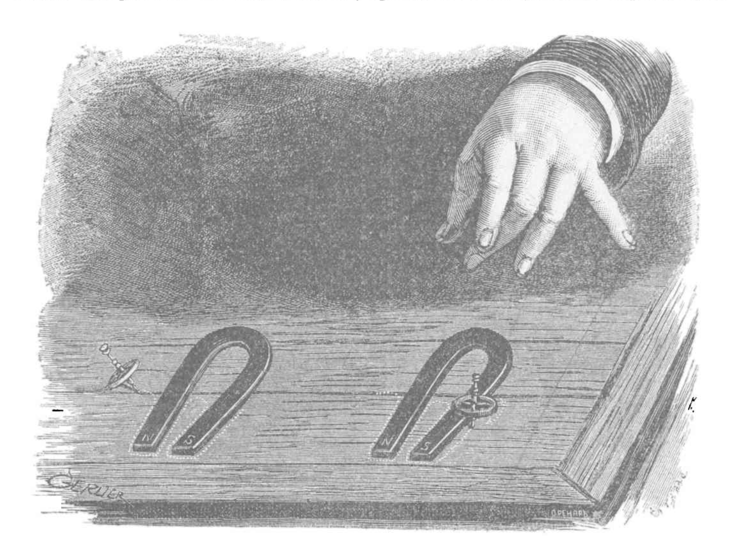
Явленіе это не можетъ покуда получить вполнѣ удовлетворительнаго объясненія, такъ какъ мы еще не знаемъ достовѣрно, почему мы видимъ предметы въ прямомъ видѣ, несмотря на то, что они рисуются на сѣтчаткѣ въ обратномъ видѣ. Предположить-ли, что дрессировка глаза не дѣлаетъ своего обычнаго дѣла именно въ этомъ случаѣ, допустить-ли, что глазъ, тоже какъ разъ въ этомъ случаѣ, не можетъ относить къ надлежащимъ точкамъ впечатлѣнія, получившіяся на ретинѣ, — во всякомъ случаѣ будетъ еще непонятно, почему булавка кажется намъ перемѣщающейся въ обратномъ направленіи.

ДВАДЦАТЫЙ ОПЫТЪ.

(Магнитизмъ.)

Движеніе вдоль магнитныхъ полюсовъ.

Вотъ опытъ, на первый взглядъ кажущійся поразительнымъ. Если волчёкъ съ желѣзнымъ остріемъ заставлять вращаться около подковообразного магнита, то въ то время, когда волчекъ вертится около выпуклой части магнита, т.-е. около нейтральной линіи, мы не замѣчаемъ никакого притяженія, не происходитъ ничего интереснаго. Но если волчёкъ, вращаясь по направленію стрѣлки (см.



правую фигуру) приблизится къ срединѣ южной вѣтви S, онъ тотчасъ приметъ опредѣленное движеніе: устремившись вдоль этой вѣтви къ вершинѣ полюса, онъ обойдетъ южный полюсъ и будетъ двигаться дальше вдоль внутренней стороны полюса, пока не дойдетъ до точки, лежащей какъ разъ противъ начала пройденнаго пути; въ этой точкѣ волчёкъ останавливается и дальше не идетъ. Но стòитъ теперь слегка толкнуть его для того, чтобы онъ отошелъ отъ южной вѣтви, подошелъ къ сѣверной вѣтви N и устремился вдоль этой вѣтви къ вершинѣ сѣвернаго полюса; обойдя эту вершину, волчёкъ станетъ двигаться вдоль наружной стороны сѣверной вѣтви до тѣхъ поръ, пока не дойдетъ до точки, лежащей противъ точки выхода.

Для того, чтобы волчёкъ прошелъ тотъ же путь, но въ обратную сторону стòитъ только завертѣть его теперь по противоположному направленію.